

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE
detta dei XL

Atti del XVI Convegno Nazionale

Storia e Fondamenti della Chimica

Organizzato da
Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica

Alma Mater Studiorum
Università di Bologna

Campus di Rimini
Dipartimento di Chimica Industriale «Toso Montanari»
Dipartimento di Chimica «Giacomo Ciamician»

Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL

Patrocinio

Società Chimica Italiana
Società Italiana di Storia della Scienza

a cura di
Marco Taddia



Rimini, 22-24 settembre 2015

© Copyright 2016

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL

ROMA

ISBN 000-00-00000-00-0

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

Programma del Convegno

Campus di Rimini dell'Università di Bologna
Aule Didattiche del Complesso «Navigare Necessè»

MARTEDÌ 22 SETTEMBRE 2015

- Registrazione dei partecipanti
- Apertura del Convegno e indirizzi di saluto

Sogni alchemici e ideali moderni

Presiede: ANGELO VACCARI

- MARCO CIARDI: *Letteratura, arte e alchimia. La Chrysopoeia di Giovanni Aurelio Augurelli (ca. 1456-1524)*
- PAOLA CARUSI: *Fabr al-Dīn al-Rāzī: un teologo e l'alchimia*
- FRANCESCO VIZZA: *Giano Lacinio Alchimista Francese del Cinquecento*
- LEONARDO ANATRINI: *Sulla permanenza della tematica del solvente universale nella speculativa alchemica francese di fine Ottocento*
- MARCO TADDIA: *Scritti sulla guerra di Giulio Provenzal, chimico e storico della scienza*

MERCOLEDÌ 23 SETTEMBRE 2015

Chimica e Grande Guerra

Presiede: MARCO TADDIA

- GIORGIO SECCIA: *La Grande Guerra e la chimica come arma*
- GIORGIO BOCCATO, PIERO ANDREA BREDI: *Effetti del fosgene: testimonianze di sopravvissuti Monte San Michele (GO), 29 giugno 1916*
- GIULIANO DALL'OLIO: *I gas di guerra nel Primo Conflitto Mondiale*
- SILVIA SELLERI, CECILIA BARTOLI, MARCO FONTANI: *Angelo Angeli (1864-1931) e la «Commissione per lo studio delle maschere di difesa»*
- MARA FAUSONE, MARCO MONTAGNANI: *I primordi della difesa italiana dagli attacchi chimici durante la prima guerra mondiale*
- FRANCO CALASCIBETTA: *La grande guerra di Emanuele Paternò*
- DOMENICO PRIORI: *Ottimo e abbondante, la polemica tra Filippo Bottazzi e Silvestro Baglioni a seguito delle modifiche all'alimentazione del soldato italiano durante la Grande Guerra*

Industria e conoscenza

Presiede: FRANCO CALASCIBETTA

- ALBERTO GIRELLI, ANNA SIMONINI, FERRUCCIO TRIFIRÒ: *Il ruolo de «La Chimica e l'Industria» nei suoi 95 anni di storia*
- IACOPO CIABATTI: *Coppellazione: dal trattamento di affinazione su larga scala alle origini dell'analisi chimica quantitativa*
- PAOLO ZANI: *Gli zolfi della Romagna: notizie sull'attività mineraria e proto industriale nei secoli XV-XVIII*
- ANGELO BASSANI: *Il cremor tartaro veneziano: una specialità*
- MAURIZIO D'AURIA: *Alle origini della fotochimica in Italia. Cannizzaro e l'isomerizzazione fotochimica della santonina*
- RINALDO CERVELLATI: *Le reazioni periodiche: i contributi di William C. Bray e Alfred J. Lotka*

GIOVEDÌ 24 SETTEMBRE 2015

Scienza, filosofia e lettere

Presiede: MARIO BERRETTONI

- ANNIBALE MOTTANA: *Sintesi storica della Spettroscopia d'Assorbimento dei raggi X in Chimica e nelle Scienze Parallele*
- BERENICE CAVARRA: *Galeno e il De elementis ex Hippocratis sententia*
- FABRIZIO BALDASSARRI: *Né l'alchimia, né la chimica. Minerali, pietre, metalli: Descartes, la meccanica dei corpi naturali e la medicina*
- ANTONINO DRAGO: *Il chimico-filosofo Charles S. Peirce sulla Tabella di Mendeleieff e sui tipi di inferenza per costruirla*
- FABIANA FRAULINI: *L'attività letteraria e filologica di Francesco Salmi chimico, patriota e politico*
- ELEONORA AQUILINI: *Gay-Lussac, Humboldt e le combinazioni gassose. Itinerario storico-didattico*

Chiusura del Convegno

PRESENTAZIONE

Rispettando una consuetudine a noi cara, anche quest'anno, nonostante qualche contrattempo, il Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica è giunto in porto. È proprio il caso di ricorrere a questa espressione visto che, per la seconda volta in quattro anni, siamo approdati in un luogo sicuro della costa adriatica. Il XVI Convegno della serie iniziata a Torino nell'ormai lontano 1985, si è svolto infatti presso il Campus di Rimini dell'Alma Mater. Per una piccola associazione come il Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC), che si regge sul volontariato di pochi, l'organizzazione di una manifestazione del genere in ambito universitario è un impegno oneroso. Non è solo un problema di fondi, purtroppo sempre più scarsi, ma i numerosi vincoli di carattere amministrativo possono scoraggiare anche chi, come noi, è caparbiamente determinato a coltivare un campo di studi inteso dai più come ornamento della ricerca piuttosto che come esigenza. Per fortuna, la generosa e disinteressata collaborazione degli amici riminesi è intervenuta ad alleggerire il carico delle nostre preoccupazioni e, proprio per questo motivo, siamo tornati da loro. I lavori si sono svolti dal 22 al 24 settembre 2015 nelle aule didattiche del complesso «Navigare Necesse», laddove si svolgono le lezioni del Corso di Laurea in Chimica e Tecnologia per l'Ambiente e per i Materiali. Hanno partecipato all'organizzazione i Dipartimenti di Chimica Industriale «Toso Montanari» e di Chimica «Giacomo Ciamician» dell'Alma Mater, mentre l'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, la Società Chimica Italiana e Società Italiana per la Storia della Scienza hanno concesso il loro patrocinio.

Il Convegno comprendeva sia relazioni su invito che comunicazioni libere. Come in quello bolognese del 2013, alle sessioni dedicate alla storia della chimica antica e moderna, si è aggiunta quella speciale a ricordo di un anniversario. Nel 2013 fu la volta del Premio Nobel a Karl Ziegler e Giulio Natta. Quest'anno non si poteva trascurare la Prima Guerra Mondiale 1914-1918, un evento drammatico per l'Europa l'intera in cui la maggior parte degli scienziati ebbe un ruolo di primo piano. È noto a tutti che a partire dai gas asfissianti e dagli esplosivi le competenze chimiche sono state ampiamente sfruttate, anche dagli italiani, a scopo bellico con conseguenze terrificanti. Se questo è il settore che, per ovvi motivi, ha interessato maggiormente gli storici della chimica, ce ne sono anche altri (agricoltura, energia, materie prime) che hanno sfidato sul piano scientifico le competenze dei belligeranti. Al Convegno di Rimini, nella sessione «Chimica e Grande Guerra», si è pre-

ferito affrontare soprattutto i temi inerenti le armi chimiche, i mezzi difensivi, i sensori e i saggi rapidi. Uniche eccezioni, quello meno studiato sul regime alimentare delle truppe e, come introduzione alla serie di interventi, una riflessione critica sul pensiero del chimico Giulio Provenzal (1872-1954), rivelatrice dell'eclisse degli ideali internazionalisti e pacifisti tra gli intellettuali dell'epoca. La relazione generale l'ha tenuta il Gen. Giorgio Seccia, chimico e storico militare, autore di numerosi libri sull'argomento, poi sono seguiti gli interventi di Breda, Dall'Olio, Fontana, Fausone, Calascibetta e Priori. In virtù di questa particolare sessione, la Struttura di Missione della Presidenza del Consiglio ha riconosciuto al Convegno lo *status* di manifestazione del Centenario. Ma a Rimini, come dicevamo, non si è parlato solamente di guerra. La sessione inaugurale, dopo i saluti di rito, l'ha aperta Marco Ciardi con la relazione dal titolo «Poesia, oro e alchimia: la *Chrysopoeia* del riminese Giovanni Aurelio Augurelli (ca. 1456-1524)». Si è trattato di un doveroso omaggio alla città ospitante e il Relatore, come c'era da aspettarsi, ha svolto al meglio il suo compito anticipando per i convegnisti i risultati di studi che hanno portato a novità interessanti. La sessione cui hanno contribuito anche Carusi, Vizza, Anatrini, oltre a chi scrive, era intitolata «Sogni alchemici ed ideali moderni», in sintonia con gli argomenti trattati. Della sessione sulla Prima Guerra Mondiale si è detto. A quella successiva, intitolata «Industria e conoscenza», hanno contribuito: Trifirò, Ciabatti, Zani e Bassani, D'Auria e Cervellati. L'apertura è avvenuta con la relazione di Trifirò, attuale Vice-Direttore de «La Chimica e l'Industria», organo ufficiale della Società Chimica Italiana. Il Relatore ha illustrato la storia della rivista, fondata nel 1919 con l'intento di favorire lo sviluppo dell'industria chimica nazionale.

L'ultima sessione del convegno, intitolata «Scienza, filosofia e lettere», si è aperta il giorno seguente con la relazione di Annibale Mottana dedicata ad una sintesi storica delle applicazioni della spettroscopia a raggi X. All'intervento di Mottana sono seguiti quelli di Cavarra, Baldassarri, Drago, Fraulini e Aquilini. Nel tardo pomeriggio del giorno precedente si era svolta anche l'Assemblea del Gruppo, momento importante della vita associativa.

Volendo tracciare un bilancio complessivo della manifestazione si può dire che i complimenti rivolti agli organizzatori nel corso dell'aperitivo finale ne hanno certificato la qualità, come quella del buon sangiovese romagnolo impiegato per il brindisi finale. Ci auguriamo che gli studiosi di questi Atti, stampati con il contributo dell'Accademia delle Scienze detta dei XL, il cui Presidente Prof. Emilia Chiancone ringraziamo sentitamente, ne ricavino qualche utilità per i loro studi. La collaborazione della Dott.ssa Antonella Grandolini merita, come sempre, la nostra sincera gratitudine.

MARCO TADDIA

Sogni alchemici e ideali moderni

MARCO CIARDI*

Letteratura, arte e alchimia. La *Chrysopoeia* di Giovanni Aurelio Augurelli (ca. 1456-1524)

Literature, art, and alchemy. The *Chrysopoeia* of Giovanni Aurelio Augurelli (ca. 1456-1524)

Summary – The *Chrysopoeia* of Giovanni Aurelio Augurelli (Rimini, 1456 – Treviso 1524), the first alchemical poem in Latin, was published by the Venetian printer Simone da Lovere in 1515. The aim of this paper is to analyze some key moments in the career of Augurelli, on the basis of the existing literature. It will be emphasized some elements remained in the shadows because of the different disciplines in which the historiographical studies were produced. Finally, a text of Augurelli (*Sermonum liber*, 1495) considered lost, at least according to some sources, will be taken in account.

Riassunto – La *Chrysopoeia* di Giovanni Aurelio Augurelli (Rimini, 1456 – Treviso 1524), il primo poema alchemico in Latino, fu pubblicato a Venezia nel 1515 dall'editore Simone da Lovere. Scopo di questo saggio è quello di analizzare alcuni momenti fondamentali nella carriera di Augurelli, sulla base della letteratura esistente, cercando di mettere in evidenza qualche nesso rimasto in ombra a causa dei diversi ambiti disciplinari in cui i contributi storiografici sono stati prodotti. Infine, sarà preso in considerazione un testo di Augurelli (*Sermonum liber*, 1495) fino ad oggi ritenuto perduto, almeno secondo alcune fonti.

Parole chiave: Augurelli, alchimia, letteratura, arte, crisopea.

Introduzione

Nel 1515 Giovanni Augurelli, poeta e umanista riminese vissuto fra il Quattrocento e il Cinquecento, dette alle stampe un poema di argomento alchemico intitolato *Chrysopoeia* (dal greco, l'arte di fabbricare l'oro) dedicato a Leone X (cioè Giovanni di Lorenzo de' Medici, quartogenito – il secondo figlio maschio – di Lorenzo il Magnifico). A questo proposito, è celebre l'aneddoto in cui si racconta

* Dipartimento di Filosofia e Comunicazione, Università di Bologna.
E.mail: marco.ciardi@unibo.it

che il Papa avrebbe regalato ad Augurelli una borsa, ma vuota, dato che a un uomo che sapeva fabbricare l'oro non poteva mancare se non quell'oggetto. Il testo ebbe un grande successo, fu riedito almeno cinque volte nel Cinquecento ed ebbe traduzioni in francese e in tedesco.

La *Chrysopoeia* è particolarmente importante perché rappresenta uno dei punti di svolta nella produzione di testi alchemici rispetto alla tradizione precedente [39, 190-192]. Essa fa parte, infatti, di una nuova serie di scritti appartenenti a generi letterari ai quali gli alchimisti non avevano fatto ricorso, in particolare modo la poesia. Nel corso dei due secoli successivi, linguaggio poetico, metafore, riferimenti mitologici e iconografia simbolica avrebbero progressivamente preso il posto di una ricerca filosofica e pratica rivolta allo studio della materia e delle sue trasformazioni. Se molti di questi testi vennero redatti nelle lingue nazionali, quello di Augurelli fu il primo poeta alchemico in latino, seguito da numerosi altri esempi. In particolare, la *Chrysopoeia* contribuì a diffondere l'interpretazione alchemica dei miti antichi. Anche in questo caso l'impiego dei miti, utilizzati in principio come semplici allegorie, si allontanò sempre più dai riferimenti concreti alla pratica di laboratorio, giungendo ad assumere una valenza spirituale o esclusivamente simbolica.

Sull'opera di Augurelli e, in particolare, sul contenuto, il significato e la fortuna della *Chrysopoeia* disponiamo di un certo numero di studi critici (ai quali si rimanda in bibliografia), realizzati anche in tempi recenti, soprattutto da parte di Zweder von Martels [32/35]. Molto resta ancora da fare, tuttavia, soprattutto in relazione al contesto in cui maturò il lavoro del poeta riminese. Scopo di questo contributo è dunque quello di ripercorrere alcuni momenti fondamentali nella carriera di Augurelli, sulla base della letteratura esistente, cercando di mettere in evidenza qualche nesso rimasto in ombra a causa dei diversi ambiti disciplinari in cui i contributi storiografici sono stati prodotti. Si segnalerà, infine, l'individuazione di un testo di Augurelli ritenuto perduto (o scomparso), almeno secondo alcune fonti.

Da Firenze a Treviso

Giovanni Aurelio Augurelli (spesso indicato anche come Augurello o Agorelli) nacque a Rimini intorno al 1456, e non nel 1441, come riportano le sue vecchie biografie, e come ancora può capitare di trovare in alcuni testi contemporanei¹. Sicuramente se ne andò da Rimini molto giovane, all'incirca all'età di 17 anni, probabilmente per un periodo di formazione e studio nelle più importanti città italiane. Non sarebbe mai ritornato nel paese natale.

¹ Augurelli morì a Treviso, quasi certamente nel 1524, pare mentre stava discutendo nella bottega di un libraio. Venne sepolto nella cripta della cattedrale.

Verso il 1473 arrivò a Roma, dove ebbe modo di assistere a una lezione dell'umanista bizantino Teodoro Gaza². Da Roma si recò quindi a Firenze. Nella città toscana strinse rapporti, in particolare, con Marsilio Ficino e Angelo Poliziano. Da poco (1471) era stata pubblicata la traduzione di Ficino, avviata nel 1463, del *Corpus Hermeticum*, un testo che certamente ebbe delle ricadute sul pensiero del giovane Augurelli, il quale subì l'influenza dell'opera del filosofo di Figline Valdarno (dove era nato nel 1433). Nei testi di Ficino, infatti, non è difficile individuare anche la presenza dell'alchimia, e a lui è attribuito anche un vero e proprio trattato alchemico [40]. Il *Corpus* raccoglieva scritti di difficile decifrazione, concernenti l'astrologia, l'alchimia, la magia ed altre discipline esoteriche, i quali si riteneva contenessero i segreti della religione e della filosofia primordiali. Considerato un testo antichissimo, veniva attribuito al mitico Ermete Trismegisto, identificato con Thot, il fondatore della religione egizia, dio della sapienza e della medicina.

La presenza di Augurelli a Firenze coincise con un evento molto importante: la celebre giostra del 29 gennaio 1475 (celebrata anche dal Poliziano nelle *Stanze*), vinta da Giuliano de' Medici, fratello di Lorenzo il Magnifico. L'evento, organizzato per celebrare la pace, voluta fortemente dal Magnifico, fra le diverse potenze italiane, vide la presenza di numerose personalità. Fra queste anche Bernardo Bembo, in rappresentanza della Repubblica di Venezia, che strinse amicizia con Augurelli, diventando suo protettore. Fu proprio dietro l'incoraggiamento di Bembo, che Augurelli iniziò a comporre una serie di elegie latine dedicate a Giuliano de' Medici, con l'esplicito obiettivo di incontrare anche il favore della potente famiglia fiorentina [5].

Va sottolineato come, a partire da questo momento, tutta la produzione poetica di Augurelli rivesta una particolare importanza, al di là del giudizio letterario che se ne può dare, per le numerosissime informazioni storiche e biografiche in essa contenute [21]. Un esame sistematico di tutta l'opera del poeta riminese sotto questo profilo sarebbe quanto mai opportuna.

Nel 1476 Augurelli seguì Bernardo Bembo in Veneto, fermandosi a Padova per studiare diritto, ma continuando a frequentare il suo protettore, che lo ospitò anche presso la sua villa di Santa Maria di Non, realizzata secondo «il modello delle ville di campagna dei circoli umanistici fiorentini» [13], a testimonianza di una vicinanza non solo politica, ma anche culturale.

In questo periodo Augurelli instaurò uno stretto rapporto con il figlio di Bernardo, Pietro Bembo, destinato a diventare una delle personalità più importanti del Rinascimento. Probabilmente Augurelli, particolarmente attento alla lezione del Petrarca, fu proprio tra coloro che stimolarono nel giovane Bembo l'interesse per lo studio del linguaggio e dello stile dello scrittore aretino [42, 233]. Sarebbe stato

² Sappiamo che Gaza si fermò a Roma fino al 1474, per poi ritirarsi nella diocesi di Policastro, nella Badia di San Giovanni a Piro (donatagli dal Bessarione intorno al 1462), della quale fu procuratore e fattore generale fino alla morte, sopraggiunta probabilmente nel 1475.

proprio Augurelli, assieme Trifon Gabriele, Giovan Battista Ramusio e Nicolò Tiepolo, a rivedere, nel 1512, il primo libro delle *Prose della volgar lingua* di Bembo.

Il legame fra Pietro Bembo e Augurelli fu testimoniato in più di un'occasione da entrambi i personaggi; ad esempio, Pietro ricordò Giovanni proprio all'interno del suo esordio letterario, il dialogo latino *De Aetna ad Angelum Gabrielem liber*, pubblicato per i tipi del celebre Aldo Manuzio a Venezia, nel 1495, nel quale racconta del suo soggiorno siciliano e dell'ascensione al vulcano. Fu in questa occasione che Manuzio creò un nuovo carattere, detto appunto *Bembo*, destinato ad acquisire notorietà e celebrità. Successivamente, nel 1501, Pietro avrebbe curato per Manuzio un'importante edizione filologica del *Canzoniere* di Petrarca (oltre che delle *Terze Rime* – ovvero la *Divina Commedia*), che avrebbe costituito a lungo un punto di riferimento.

A partire dal 1485, Augurelli divenne segretario e commensale di Nicolò Franco, vescovo di Treviso e nunzio pontificio presso la Repubblica di Venezia fino al 1492, quando i due si trasferirono nella città trevigiana [47]. L'anno precedente Augurelli aveva dato alle stampe la prima raccolta dei suoi componimenti poetici, *Carmina*, edita a Verona il 5 luglio 1491 e composta da quaranta poemi [1]. L'opera, dedicata a Pandolfo Malatesta, signore di Rimini, è una fonte preziosissima, dal punto di vista biografico, per ricostruire le relazioni di Augurelli con i Bembo e Nicolò Franco.

Il codice perduto

Nel 1495 Augurelli realizzò un'altra raccolta di poemi in latino dedicata a Nicolò Franco. Nella voce relativa al poeta riminese nel *Dizionario Biografico degli Italiani*, Robert Weiss scriveva a proposito di questo lavoro: «nel 1495 allestì una piccola raccolta di carmi latini, che copiata in un codice riccamente miniato (già nel Fondo Piancastelli della Comunale di Forlì e scomparso durante l'ultima guerra) fu donata dall'Augurelli al Franco» [47]. A questo proposito, ho consultato Antonella Imolesi Pozzi (responsabile dei Fondi antichi, Manoscritti e Raccolte Piancastelli conservati presso la Biblioteca Comunale «A. Saffi» di Forlì), che mi ha fornito una serie di preziose informazioni sulla storia dei materiali appartenuti a Carlo Piancastelli. Approfito dell'occasione per ringraziare Antonella Imolesi Pozzi per la gentilezza e la disponibilità, oltre che per la competenza.

Piancastelli era molto interessato alle opere di Augurelli, di cui acquistò alcuni esemplari a stampa (una decina di edizioni del Cinquecento, del Seicento e dell'Ottocento). Tuttavia, da un'accurata ricognizione all'interno dei cataloghi e degli inventari redatti dopo la guerra dai bibliotecari che presero in carico le raccolte del collezionista (giunte a Forlì con una donazione del 1938), non risulta in effetti essere presente il codice segnalato da Weiss. Esistono, invece, tracce di un incunabolo e di una secentina su due schede prive di collocazione. Ciò potrebbe significare che tali opere non giunsero mai a Forlì e che furono sottratte durante il trasfe-

rimento da Fusignano (dove risiedeva Piancastelli) o durante la guerra (ad esempio la tela raffigurante una nobildonna con mandola di Gerolamo Marchesi trafugata dai tedeschi), come segnalato da Weiss.

Comunque siano andate le cose, si può affermare con ragionevole certezza che il manoscritto realizzato nel 1495 da Augurelli sia quello ora conservato presso la Beinecke Rare Book and Manuscript Library della Yale University sotto la collocazione Mellon MS 22: Ioannes Aurelius Augurellus, *Sermonum liber*, datato 28 gennaio 1495 [2].

La descrizione del manoscritto presente nel catalogo della biblioteca americana è accompagnata da una dettagliata scheda, all'interno della quale è ricostruita la provenienza del manoscritto. Si dice, infatti, che esso fu acquistato dal celebre collezionista e storico della scienza Denis I. Duveen presso il noto antiquario e bibliofilo tedesco Ernst Weil a Londra nel 1949³. Nella scheda si riporta anche che il codice era presente nel catalogo del 1907 di manoscritti e libri rari della «Librairie Ancienne De Marinis & C.» (che si trovava in Via Vecchietti, 3 a Firenze), diretta da Tammaro de Marinis. L'indicazione è particolarmente interessante perché, come riferisce sempre Antonella Imolesi Pozzi, de Marinis fu uno degli antiquari in assiduo contatto con Piancastelli. Purtroppo nella corrispondenza fra i due non è emersa alcuna lettera relativa all'acquisto del manoscritto di Augurelli⁴.

Ci auguriamo che ulteriori ricerche possano dimostrare definitivamente che il manoscritto a cui si è riferito Robert Weiss nel *Dizionario Biografico degli Italiani* sia effettivamente quello venduto a Duveen da Ernst Weil⁵. Successivamente, si legge sempre nella scheda della Beinecke Rare Book and Manuscript Library, la collezione Duveen passò nella mani di Paul e Mary Mellon, fino a quando il manoscritto venne donato nel 1965 alla Yale University.

Il codice del 1495 è molto importante, perché uno dei suoi *Sermones*, il diciassettesimo per la precisione (138 versi), indirizzato ad *Alberto Vonico Equiti et Iureconsulto Tarvisino*, si intitola *Chrysopoeia* (in lettere greche): «Ut noris quae forte mihi Vonice vivenda / Contigerint, positis rebus paulisper agendis».

Il poema è dedicato al cavaliere Alberto Onigo, luogotenente di Caterina Cornaro, signora di Asolo dal 1489, la quale, in precedenza, era stata regina di Cipro,

³ Ernst Weil (1891-1865) si era trasferito a Londra nel 1933, dopo aver collaborato a lungo con Hans Taeuber a Monaco.

⁴ Le lettere si riferiscono a molte proposte di acquisto di incunaboli e cinquecentine degli stampatori De Gregori e Marcolini, molto ricercate dal fusignanese. Alcune riguardano autografi di Gioachino Rossini, opere di Arcangelo Corelli, oppure si riferiscono a scambi di notizie bibliografiche e a richieste di informazioni che il De Marinis rivolge a Piancastelli in merito ad alcuni personaggi (fra questi Marcolini), di cui stava preparando la voce biografica per l'Enciclopedia Treccani.

⁵ Ringrazio Adrienne Leigh Sharpe, Access Services Assistant presso la Beinecke Rare Book and Manuscript Library per la gentilezza e disponibilità con le quali ha sempre risposto rapidamente alle mie richieste nel corso della ricerca.

Gerusalemme e Armenia. Presso la sua corte Caterina ospitò letterati e artisti, come Giorgione (il quale, come vedremo fra breve, avrà un suo ruolo nella nostra storia). E fu proprio qui che Pietro Bembo ambientò gli *Asolani*, i suoi celebri dialoghi sull'amore, pubblicati nel 1505 da Manuzio.

Il componimento di Augurelli (tradotto in italiano da Michela Pereira)⁶, noto nei compendi di opere alchemiche sei-settecenteschi con il titolo di *Vellus Aureum, seu Chrysopoeia minor*, è di notevole interesse, perché mostra come Augurelli, già in questo periodo, maneggiasse con competenza i temi tradizionali connessi alla realizzazione dell'*Opus*. Il riferimento al Vello d'Oro, inoltre, indica chiaramente il tentativo di attribuire ai miti dell'antichità un significato allegorico, dietro il quale si celava un vero e proprio riferimento alle dottrine alchemiche; nel caso specifico il vello avrebbe rappresentato nientemeno che la pergamena dei manoscritti dedicati alla crisopea.

Vedendo quest'opera maggiore, l'aurea pelle
sperai; a nient'altro che a sì gran faccenda
voglio più dedicarmi, a lei tutto il mio tempo
riservo, e coi migliori auspici mi accingo
a vincere anche quest'ultima immensa fatica,
finché, compiuto il giro del tempo concesso,
quel ch'era bianco si fece color porpora
e dal purpureo venne il color dell'oro [40, 826].

Augurelli avrebbe riproposto la prima *Chrysopoeia* del 1495 nell'edizione aldina del 1505 all'interno del secondo libro di giambi: *Ioannis Aurelii Augurelli Iambicus Liber Secundus ad Hieronymum Bononium Poetam Tarvisinum*. Si tratta dell'undicesimo componimento della serie.

Questo testo, naturalmente, non va confuso con il *Vellus Aureum* contenuto nel primo libro di giambi dell'edizione aldina del 1505, dedicato a Vincenzo Querini: *Ad Vincentium Quirinum P. [Patricium] V. [Venetum] Vellus Aureum. Carmen V*: «Vem relicto pastor educens grege / Alcon sub antro collocat».

I nomi a cui sono dedicate le opere di Augurelli rivelano, in maniera inequivocabile, i suoi stretti rapporti «col patriziato veneziano e trevigiano e i suoi apparati politico-culturali». [21, 22].

La Chrysopoeia del 1515

Una volta a Treviso, Augurelli entrò in contatto con gli umanisti più importanti della città, fra cui spicca il nome Girolamo Bologni, forse già conosciuto ai tempi del soggiorno a Roma. Altre personalità della cerchia di intellettuali gravi-

⁶ La traduzione è stata effettuata sulla versione del testo contenuta in [31].

tanti intorno a Nicolò Franco furono Ludovico Pontico, Gerard van der Leye, Giovanni Regio e Bertuccio Lamberti [36]. Il vescovo fu riconoscente con i suoi protetti: ad Augurelli conferì il beneficio parrocchiale della chiesa di Sant'Agostino di Treviso, mentre al Bologni quello della chiesa di Musano. Il rapporto col Bologni sarà sempre molto stretto. Nel 1498 Girolamo, assieme ad Antonio Oniga, fu padrino al battesimo del figlio naturale di Augurelli, Teodoro Antonio [21, 64]. I due amici, inoltre, si scambiarono con notevole frequenza carmi di amicizia, elogio e ringraziamento.

Dopo la morte di Franco, avvenuta nel 1499, Augurelli visse tra Venezia (dove cercò di ottenere la cattedra di umanità resa vacante dalla morte di Giorgio Valla), Feltre (come cancelliere del podestà Marco Gabriele) e Treviso, dove insegnò a partire dal 1503. Nel 1509, tuttavia, a causa degli eventi provocati dallo scoppio della Guerra della Lega di Cambrai, Augurelli fu costretto a spostarsi nuovamente da Treviso a Venezia, dove si trasferì anche il Bologni. È in questa occasione che Bologni entrò in contatto diretto sia con l'Accademia Aldina di Manuzio che con la «Società Augurella» (così la chiamava l'amico), frequentata anche da Bartolomeo Agolante e Marco Musuro [11].

Una volta a Venezia, Augurelli iniziò a comporre il suo grande poema latino in esametri, in tre libri, che, come il primo componimento del 1495 dedicato allo stesso tema, avrebbe preso il nome di *Chrysopoeia*. Bologni [21, 23] aiutò l'amico a rivedere il componimento prima della pubblicazione, a Venezia nel 1515, a cura del tipografo Simone da Lovere, attivo in Veneto dal 1489. La stampa veneziana della *Chrysopoeia* incluse anche i *Geronticon*, otto carmi indirizzati a papa Leone X e ad alcuni amici, come ad esempio Trifon Gabriele.

Soggetto della *Chrysopoeia* è dunque nuovamente l'alchimia e, in particolare, l'esame dei procedimenti che possono condurre alla produzione dell'oro, e l'analisi dell'ambiente e degli strumenti utili a tale attività. Il libro, tuttavia, contiene molto altro. Come nelle precedenti opere di Augurelli, numerosi sono i riferimenti a personaggi ed eventi storici dell'epoca, a partire da quelli relativi alla Guerra della Lega di Cambrai. Alcuni storici dell'arte hanno segnalato come particolarmente interessanti siano i passi relativi al «*meus Iulius*», cioè l'amico Giulio Campagnola, di cui descrive, «con accuratezza di dettagli», opere «di contenuto arcadico-mitologico, che senza dubbio sono pitture, poiché egli parla espressamente di *tavole* e di *colori*» [21, 23].

Giulio Campagnola, nato a Padova nel 1482, fu uno degli artisti più vicini a Giorgione, con il quale condivise una amicizia molto forte [16] e ben noto negli ambienti culturali della Repubblica di Venezia. Famoso soprattutto come incisore, conobbe e fu in relazione anche con Albrecht Dürer. La presenza dell'artista tedesco in Italia e in particolare nelle terre venete, durante il suo secondo viaggio svoltosi tra il 1505 e il 1507, è testimoniata proprio in un affresco della Scuola del Carmine a Padova, effettuato da Campagnola [37, 18].

I rapporti tra arte e alchimia fra '400 e '500 sono stati ampiamente studiati e documentati [10], anche in relazione al caso specifico di cui ci stiamo occupando [29]. Ciò che interessa in questa sede è l'attività di miniatore, nella quale pare fosse particolarmente versato, che Campagnola esercitò per illustrare le opere di Augurelli. Secondo quanto riferisce Bogni, in due carmi consecutivi (39, 40), contenuti nel XVI dei *Promiscuorum libri*, Campagnola fu l'autore delle miniature contenute nella *Chrysopoeia*. È probabile, tuttavia, che Bogni non si riferisca ad una delle copie del testo del 1515 (come è stato osservato [21, 24]), bensì al codice del 1495, ora conservato presso la Yale University.

Questa ipotesi potrebbe essere corroborata dal fatto che, secondo l'interpretazione di Enrico Guidoni [23, 215-226], Campagnola (e non Antonio Grifo) sarebbe anche l'autore delle miniature, risalenti al 1495-96, contenute nel *Petrarca* conservato presso la Biblioteca Queriniana di Brescia. Si tratta della prima edizione a stampa delle *Rime* (denominate dal poeta *Rerum vulgarum fragmenta*, e meglio note come *Canzoniere*) e dei capitoli in terzina dei *Trionfi*, uscita a Venezia, per i tipi di Vindelino da Spira, nel 1470 [41].

In quest'opera l'autore (cioè Campagnola), nella pagina che illustra il *Trionfo d'amore* (Fig. 1) in particolare nelle coppie dipinte nel margine superiore (Fig. 2), avrebbe raffigurato varie personalità dell'epoca, tra cui anche Augurelli, oltre all'autore stesso assieme a Giorgione:

La prima, sulla sinistra, che fa da guida alle altre, è composta da Ludovico il Moro e Beatrice d'Este sua legittima consorte; mentre nella coppia sottostante si possono, con certezza meno assoluta, individuare Galeazzo Sanseverino e la moglie Bianca Maria, figlia naturale del Moro. Una coppia tutta maschile è quella composta da un personaggio barbuto di mezza età che tiene un quadrante astronomico, e dal giovane dietro di lui: dovrebbe trattarsi di Giovanni Aurelio Augurelli e di un suo allievo prediletto. Interessantissima e pesantemente satirica la coppia sulla destra composta dalla Regina Caterina Cornaro e dal Sultano d'Egitto: un modo per ricordare i loro stretti legami politici che faranno scrivere al Sanudo, ancora nel 1499, che la regina «si dichiara schiava del sultan». Stabilite così le coordinate geopolitiche dei principali amici e protettori (si noti che troviamo sulla sinistra Milano, sulla destra Treviso, Venezia, Asolo e l'Oriente), ecco i due giovanissimi pittori raffigurati nella coppia centrale di tutta la composizione (corrispondente ad una città intermedia: Pavia o Padova) [23, 220]⁷.

⁷ In nota Guidoni segnala che «il quadrante, strumento adatto alle osservazioni astronomiche e astrologiche (da "augure") allude al cognome dell'Augurelli; l'allievo dovrebbe essere il giovane veneziano Trifone Gabriele, nato nel 1470». In ogni caso, l'interesse di Augurelli per l'astrologia è testimoniato dai versi scritti per l'edizione di Claudii Ptholomaei Alexandrini, *Liber Geographiae, Venetiis*, 1515.

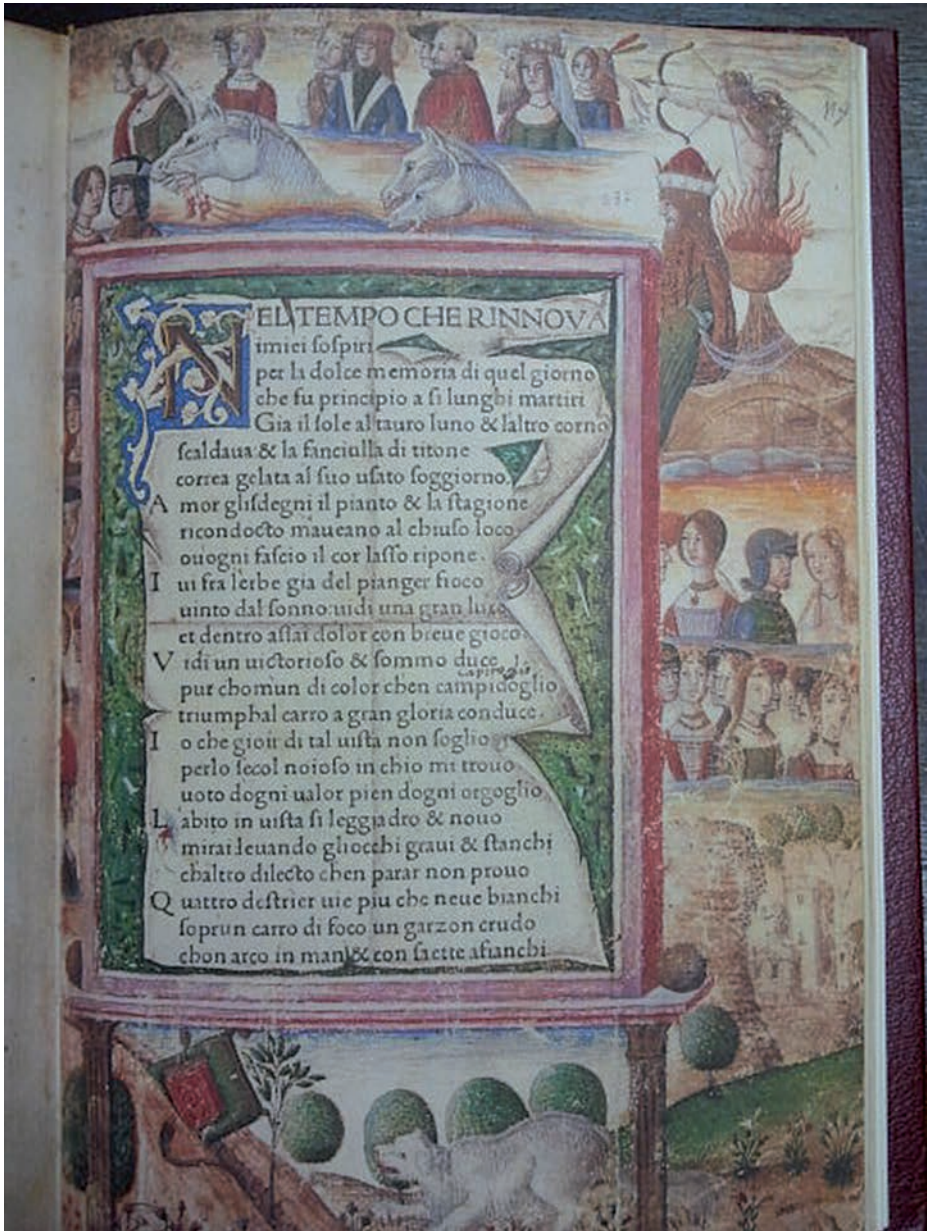


Fig. 1. Petrarca Querini, c. 119r.



Fig. 2. *Petrarca Querintiano*, c. 119r (particolare).

Non abbiamo certo le competenze per inserirci in un dibattito relativo a queste attribuzioni, che deve essere affrontato dagli storici dell'arte specialisti di questo periodo. Riteniamo, tuttavia, che l'esame del codice di Augurelli del 1495 e il confronto fra lo stesso e il *Petrarca* della Queriniana possa offrire certamente qualche elemento allo sviluppo della discussione oltre, ovviamente, ad essere particolarmente importante per la crescita della conoscenza storica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Augurelli, G. A. 1491. *Carmina*, Veronae.
- [2] Augurelli, G. A. 1495. *Sermonum liber*, Beinecke Rare Book and Manuscript Library, Yale University, Mellon MS 22.
- [3] Augurelli, G. A. 1505. *Carmina*, Venetiis.
- [4] Augurelli, G. A. 1515. *Chrysopoeiae libri III et Geronticon liber primus*, Venetiis.
- [5] Augurelli, G. A. 1818. *Carmina nondum vulgata*, Arimini.
- [6] Azzoni Avogadro, R. degli. 1752. *Notizie di Gio: Aurelio Augurello, Canonico di Trevigi*, Treviso.
- [7] Balduino A. 1987. *Un poeta umanista (G.A. Augurelli) di fronte all'arte contemporanea*. In: *La letteratura, la rappresentazione, la musica al tempo e nei luoghi di Giorgione*, a cura di M. Muraro. Roma, pp. 59-76.
- [8] Bembo P. 1495. *De Aetna liber ad Angelum Chabrielem*, Venetiis.
- [9] Bianca, C. 1999. *Gaza, Teodoro*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, 52, pp.
- [10] Calvesi M. 1986. *Arte e alchimia*, Firenze.
- [11] Ceserani, R. 1969, *Bologni, Girolamo*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, 11, pp. 327-331.
- [12] Curti E. 2006. *Tra due secoli. Per il tirocinio letterario di Pietro Bembo*, Bologna.
- [13] Curti E. 2011. *Bembo in fuga. Diporti extravaganti e ansie cittadine di Pietro Bembo*. In: Cd rom allegato a «La letteratura degli Italiani. Centri e periferie. Atti del XIII. Congresso nazionale dell'Associazione degli Italianisti Italiani (ADI)», Pugnochiuso, 16-19 settembre 2009, a cura di D. Cofano e S. Valerio, Foggia (anche in https://www.academia.edu/4090890/Bembo_in_fuga._Diporti_extravaganti_e_ansie_cittadine_di_Pietro_Bembo).
- [14] Dal Canton, Giuseppina. 1977. *Giulio Campagnola «pittore alchimista» (I)*, «Antichità viva», 16, n. 5, pp. 11-19.
- [15] Dal Canton, Giuseppina. 1978. *Giulio Campagnola «pittore alchimista» (II)*, «Antichità viva», 17, n. 2, pp. 3-10.
- [16] De Santis, Francesco. 2015. *Ipotesi per un soggiorno a Roma di Giulio Campagnola e il suo presunto ritratto nella cappella Carafa*, «Bollettino telematico dell'arte», n. 751 (21 gennaio) (<http://www.bta.it/txt/a0/07/bta00751.html>).
- [17] Duveen I. D. 1986. *Bibliotheca alchemica et chemica: an annotated catalogue of printed books on alchemy, chemistry and cognate subjects in the library of Denis I. Duveen. Facs. ed. to which is added: Catalogue 62 H.P. Kraus, The Duven collection of alchemy & chemistry supplementing the Bibliotheca alchemica et chemica, the Duven collection of balneology*, Utrecht.
- [18] Faivre A. 1990. *An Approach to the Theme of the Golden Fleece in Alchemy*. In: «Alchemy Revisited. Proceedings of the International Conference on the History of Achemy at the University of Groningen», a cura di Z. von Martels, Leiden.
- [19] Federici D. M. 1805. *Memorie trevigiane sulla tipografia del XV secolo, per servire alla storia letteraria e delle belle arti in Italia*, Venezia.

- [20] Fortini, Laura. 1998, *Gabriele, Trifon*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, 51, pp.
- [21] Gentili, A. 1985. *I giardini di contemplazione. Lorenzo Lotto, 1503-1512*, Roma.
- [22] Gibellini F. 1995. *Il maestro queriniano*, in Petrarca F. 1995. *Canzoniere. Trionfi (1470)*, Brescia, pp. xi-xvii.
- [23] Guidoni, E. 1998. *Ricerche su Giorgione e sulla pittura del Rinascimento*, Roma.
- [24] Hahn R. 1996. *Denis I. Duveen*, in «Isis», 87, pp. 500-501.
- [25] Haskell, Y. 1997. *Round and Round we go: The Alchemical «Opus circulatorium» of Giovanni Aurelio Augurelli*, «Bibliothèque d'Humanisme et Renaissance», 59, pp. 585-606.
- [26] Imolesi Pozzi, A. 2003. *Le Raccolte Piancastelli: documenti rinascimentali a Forlì*. In: «Leonardo, Machiavelli, Cesare Borgia: arte, storia e scienza in Romagna, 1500-1503», Roma, pp. 133-141.
- [27] Imolesi Pozzi, A. 2008. *Carlo Piancastelli e le sue Raccolte a Forlì. Con il testamento di Piancastelli*, in «La Pie», 77, n. 6, pp. 246-253.
- [28] Imolesi Pozzi, A. 2008. *Marco Dente. Un incisore ravennate nel segno di Raffaello: le stampe delle Raccolte Piancastelli*, Ravenna.
- [29] Klibansky R., Panofsky E., Saxl F. 1983. *Saturno e la melanconia. Studi di storia della filosofia naturale, religione e arte (1964)*, Torino.
- [30] MacPhail, I., Witten, C., Pachella, C. (a cura di). 1968-1977. *Alchemy and the occult: a catalogue of books and manuscripts from the collection of Paul and Mary Mellon given to the Yale university library*, New Haven, 4 voll.
- [31] Manget, J. J. 1702. *Bibliotheca chemica curiosa, seu Rerum ad alchimiam pertinentium thesaurus instructissimus [...]*, Genevae, 2 voll.
- [32] Martels, Z. von. 1993. *The Chrysopoeia (1515) of Ioannes Aurelius Augurellus and the importance of alchemy around 1500*, «Studi umanistici piceni», 13, pp. 121-130.
- [33] Martels, Z. von. 1994. *The Allegorical Meaning of the «Chrysopoeia» by Ioannes Aurelius Augurellus*. In: «Acta Conventus Neo-Latini Hafniensis. Proceedings of the Eight International Congress of Neo-Latin Studies, Copenhagen 12 August to 17 August 1991», a cura di R. Schnur et al., Birmingham-New York, pp. 979-988.
- [34] Martels, Z. von. 1999. *The Final Lines of Giovanni Aurelio Augurello's Chrysopoeia (1515) and Other Mysteries*. In: «Poets and Teachers: Latin Didactic Poetry and the Didactic Authority of the Latin Poet from the Renaissance to the Present», a cura di Y. Haskell e P. Hardie, Bari, pp. 57-75.
- [35] Martels, Z. von. 2000. *Augurello's «Chrysopoeia» (1515): a turning point in the literary tradition of alchemical texts*, «Early Science and Medicine», 5, n. 2, pp. 178-195.
- [36] Menniti I. A. 1998. *Franco, Nicolò*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, 50, pp.
- [37] Panofsky E. 2006. *La vita e l'opera di Albrecht Dürer (1955)*, Milano.
- [38] Pavanello, G. 1905. *Un maestro del quattrocento. Giovanni Aurelio Augurello*, Venezia.
- [39] Pereira M., 2001. *Arcana sapienza. L'alchimia dalle origini a Jung*, Roma.
- [40] Pereira M., 2006. *Alchimia. I testi della tradizione occidentale*, Milano.
- [41] Petrarca F. 1995. *Canzoniere. Trionfi (1470)*, Brescia. (Riproduzione anastatica dell'incunabolo conservato presso la Biblioteca Queriniana di Brescia. Il PDF del codice è disponibile anche in rete nel Sito web dell'Associazione Bibliofili Bresciani Bernardino Misinta: <http://www.misinta.it/biblioteca-digitale-misinta-2/1400-2/1470-petrarca-canzoniere-e-trionfi-miniato/>).
- [42] *Poesia italiana. Il Quattrocento*, a cura di C. Oliva, Milano, 1978.
- [43] Principe L. 2013. *The secret of alchemy*, Chicago-London.
- [44] Safarik E. A. 1974. *Campagnola, Giulio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, 17, pp.
- [45] Secret, F. 1976. «*Chrysopoeia*» et «*Vellus aureum*», «Bibliothèque d'Humanisme et Renaissance», 38, pp. 109-110.

- [46] Sertorio M. 1836. *Un poeta alchimista*, «Ricoglitore italiano e straniero, rivista mensile europea di scienze, lettere, belle arti, bibliografia e varietà», 3, p. II, pp. 14-31.
- [47] Weiss R. 1962. *Augurelli, Giovanni Aurelio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, 4, pp. 578-581.

PAOLA CARUSI*

Faḥr al-Dīn al-Rāzī: un teologo e l'alchimia

Faḥr al-Dīn al-Rāzī: a theologian and alchemy

Summary – In his *al-Mabāḥiṭ al-mašriqīya*, devoted to metaphysics and the natural sciences, one of the greatest Muslim theologians of the Middle Ages, Faḥr al-Dīn al-Rāzī (d. 606 / 1209-10), dedicates a chapter to the question of the existence of an alchemical science, asking whether or not the transmutation of metals is possible. The discussion takes the form of a carefully argued anti-Avicenna polemic. The author first lists the various reasons why Avicenna, in his *Šifā'*, maintains that transmutation is impossible, and he then refutes Avicenna's contentions, espousing the views of the alchemists. This work fits into a pattern of research into relations between alchemy and theology, and in a certain sense represents a turning point. This is because, after traces appearing in works by both alchemists and theologians whose identity is uncertain, we now find for the first time a text, certainly by a theologian, supporting the case for alchemy. In the context of a polemic against Avicenna, Islamic theology thus sides with alchemy. It does so by leaning on the one hand on medicine and on the other, as appears most probable, on an Aristotelian philosophy purged of Avicennian influence.

Key words: alchimia islamica / islamic alchemy / Faḥr al-Dīn al-Rāzī / Ibn Sīnā / *mizāǧ* / *mixis*

Riassunto – Nel suo *al-Mabāḥiṭ al-mašriqīya*, dedicato alla metafisica e alle scienze della natura, uno dei più grandi teologi musulmani del Medioevo, Faḥr al-Dīn al-Rāzī (m. 606 / 1209-10), dedica un capitolo alla possibilità dell'esistenza di una scienza alchemica: chiedendosi se la trasmutazione dei metalli sia possibile oppure no. La trattazione, molto argomentata, si configura come una polemica antiavicenniana: elencate in primo luogo diverse ragioni per le quali Avicenna, nello *Šifā'*, sostiene che la trasmutazione è impossibile, l'autore confuta punto per punto le affermazioni del filosofo, assumendo le posizioni degli alchimisti. Questo lavoro, che si colloca nell'ambito di una ricerca sull'esistenza di relazioni tra alchimia e teologia, rappresenta in un certo senso un punto di svolta: perché, dopo testimonianze rintracciate in opere di alchimisti, o anche di teologi, di attribuzione incerta, per la prima volta è possibile presentare un testo, certamente opera di un teologo, in cui le ragioni dell'alchimia sono sostenute. Nel quadro di una polemica contro Avicenna, la teologia islamica sostiene le ragioni dell'alchimia: appoggiandosi da un lato alla medicina, e dall'altro, come è molto probabile, a una filosofia aristotelica depurata dal contributo avicenniano.

* Università degli Studi di Roma «La Sapienza». Dipartimento Istituto Italiano di Studi Orientali / ISO. E.mail: paola.carusi@uniroma1.it

Faḥr al-Dīn al-Rāzī: un teologo e l'alchimia

Tra la fine del XII secolo e gli inizi del secolo successivo, uno dei più noti teologi musulmani, Faḥr al-Dīn al-Rāzī (m. 1209) – autore, tra l'altro, del *Tafsīr al-kabīr*, celebrato commento al *Corano* in 32 parti [9] – scrive un'opera di grande interesse dedicata alle scienze della natura: *al-Mabāḥiṭ al-mašriqīya fī 'ilm al-ilābīyāt wa al-ṭabī'īyāt* (*Le ricerche orientali sulla teologia e sulle scienze della natura*) [11]. In questa opera, in cui teologia, filosofia e scienza sono intrecciate in modo mirabile, compare un capitolo (*ḡuz'* 2, *fann* 1, *bāb* 4, *qism* 4, *faṣl* 8)¹ dedicato all'alchimia, che si configura come una polemica contro Avicenna; posto che Avicenna, nello *Šifā'*, *al-ṭabī'īyāt*, *fann* V [4], ha sostenuto che l'alchimia è impossibile², il teologo Rāzī si dichiara a favore della possibilità della trasmutazione alchemica, adottando le ragioni degli alchimisti. Ciò fornisce al lettore una ulteriore fonte di conoscenza sulla teoria alchemica della trasmutazione, e al tempo stesso sul suo *status* in un periodo storico significativo: periodo in cui le discussioni [24] sulla filosofia di Avicenna sono per così dire molto «calde», e in cui l'alchimia, in particolare con al-Ṭuḡrā'ī [13, 14, 18], si è già prodotta in appassionate difese delle sue teorie e in rigorose dimostrazioni antiavicenniane.

Il capitolo che Rāzī dedica all'alchimia – questa è la prima cosa che si nota all'approccio – è organizzato in un modo che non è esagerato definire scientifico: poiché il discorso di Avicenna si muove su una serie di punti, che per il filosofo costituirebbero la dimostrazione – sulla base della sua «lettura», a suo parere certa, dei testi aristotelici – dell'inconsistenza delle affermazioni degli alchimisti, a tali punti, secondo Rāzī, è necessario rispondere esaminandoli e contestandoli uno per uno, contrapponendo a ogni obiezione la sua risposta. Il testo è avvincente, la confutazione efficace, e il risultato, per certi versi stupefacente, è che alla fine della lettura le posizioni di Avicenna, che Faḥr al-Dīn elenca a suo modo nella polemica, appaiono, agli occhi del lettore, quasi ridotte a un intervento inesperto.

¹ Faḥr al-Dīn al-Rāzī [11], II, 214-218. Per questioni di spazio e di opportunità, il testo integrale di questo capitolo, accompagnato da altri passi significativi delle *Mabāḥiṭ*, sarà da me pubblicato prossimamente in altra sede.

² Ibn Sīnā [4], V.1.5, 22-23: «Quanto a ciò che pretendono gli alchimisti, devi sapere che essi non possono realmente trasformare le specie, ma possono [semplicemente] ottenere cose che, ai sensi, appaiono simili: così che colorino il rosso di un colore bianco molto simile all'argento, e lo colorino di un colore giallo molto simile all'oro, e, anche, che colorino il bianco di qualsiasi colore essi vogliano, in modo che diventi molto simile all'oro o al rame, e che sottraggano ai “minerali che si presentano misti” (*raṣāṣāt*) la maggior parte delle loro imperfezioni e dei loro difetti; ma le loro sostanze rimangono inalterate»; [*raṣāṣāt*], lett.: piombi; da cui, probabilmente anche: minerali come il piombo, che in natura si trova in genere ricoperto da incrostazioni di minerali (sali) diversi generati dalla sua ossidazione]. Qui e altrove, in questo lavoro, traduzioni italiane di P. Carusi.

Critica e confutazione

1. La critica

La prima e più importante obiezione che – nel resoconto di Rāzī – Avicenna introduce nella sua critica riguarda il tema della fissità delle specie, affrontata in particolare da due punti di vista.

a. Poiché i metalli sono di specie diverse, nel passaggio da un metallo ad un altro dovrebbe verificarsi un cambiamento di specie, e dunque un mutamento nelle differenze specifiche; ma nei metalli tali differenze non sono conosciute, e di qualcosa che non si conosce è impossibile giudicare del mutamento.

b. Inoltre – fatto questo sommamente decisivo – anche in una situazione in cui le differenze specifiche fossero note, Aristotele dice chiaramente che il mutamento nella specie è impossibile³. Se fosse possibile ottenere un mutamento nella specie, sarebbe possibile anche trasformare un cane in un somaro e viceversa. Ma ciò non avviene, e dunque l'alchimia si occupa di ciò che non sa e che non può avvenire.

Una seconda obiezione riguarda il rapporto posto da Aristotele, nella trasformazione, tra chi agisce e chi subisce l'azione, nel caso dell'alchimia tra «chi tinge» e «chi è tinto»: se, nella resistenza al fuoco, chi tinge è più forte di chi è tinto, dovrebbe rimanere solo chi tinge, e in caso contrario solo chi è tinto; se poi fossero entrambi equivalenti, allora il tingente ed il tinto sarebbero entrambi della stessa specie⁴ e non vi sarebbe trasmutazione.

Una terza obiezione porta in evidenza il rapporto natura-arte. L'arte imita la natura e non può fare di più. La natura, nelle miniere, può trasmutare l'argento in oro, e l'alchimia, che è arte, non può farlo. Se fosse possibile per l'arte trasmutare l'argento in oro, allora dovrebbe esser vero anche il contrario, e la natura dovrebbe poter produrre una spada o un letto; ma ciò non accade e dunque la trasmutazione è impossibile.

E ancora: esistono luoghi delegati dalla natura alla generazione, luoghi che per gli animali sono gli uteri e per i minerali le miniere; e non è possibile produrre alcunché fuori dai luoghi naturali. Produrre trasmutazioni in laboratorio sarebbe come ottenere generazioni fuori dagli uteri, e dunque la trasmutazione è impossibile.

³ Aristotele, *De generatione et corruptione* II.11 338 b 11 sgg. e *De generatione animalium* II.1 731 b 31 sgg.

⁴ Aristotele, *De generatione et corruptione* I.7, in particolare 323 b 29 - 324 a 14. Qui Faḥr al-Dīn, nella sua risposta, farà già intravedere la direzione che intende dare al suo ragionamento. In *De generatione et corruptione* I.7 Aristotele dice effettivamente che in una relazione di azione / passione il più forte converte in se stesso il più debole; ma non è questo il caso della *mixis*, cui il nostro autore vuole evidentemente arrivare (*mixis* → *mizāğ*): perché nella *mixis* (*De generatione et corruptione* I.10) i componenti partecipano con forze più o meno equivalenti, rimanendo in essa tutti presenti in potenza.

2. La confutazione

Le risposte del teologo Rāzī alle critiche di Avicenna potrebbero essere sotto ogni aspetto le risposte che ancora oggi un chimico potrebbe dare a un filosofo; e, introdotta tra le scienze «collaterali» della natura dallo stesso Avicenna [3], che tuttavia in *Šifāʾ, ṭabīʿiyāt* V.1, nega la trasmutazione, l'alchimia, nella risposta del nostro teologo, si rivela ben altro che una disciplina di disadattati, come ancora oggi qualcuno vorrebbe sostenere.

Due notazioni preliminari sulla risposta e il suo stile:

– Rāzī ha probabilmente letto non solo le opere degli alchimisti, a partire da quelle più antiche, ma forse anche l'opera dell'alchimista a lui quasi contemporaneo al-Ṭuḡrāʾī, grande oppositore di Avicenna;

– a differenza dello stile e della presentazione complessa di al-Ṭuḡrāʾī e degli alchimisti, il discorso di Rāzī è rapido e stringato, come si addice a un teologo non digiuno di filosofia: alle ragioni di un certo aristotelismo che gli viene proposto e che a suo parere non si addice alle questioni che sono in discussione, egli risponde dando voce alle ragioni degli alchimisti, e mostrando di condividere con loro, nel dibattito in corso, una impostazione che è sì filosofica, ma che tiene conto anche dell'esperienza di una scienza operativa.

Le obiezioni sull'agente e su ciò che subisce l'azione, sul rapporto natura-arte e sui luoghi naturali della generazione, espone in parte con citazioni di Aristotele e di Avicenna e in parte con arricchimenti volti a enfatizzare il discorso, sono confutate facendo ricorso anche all'esperienza di laboratorio. Dire che agente e agito sono della stessa specie perché sostengono allo stesso modo l'azione del fuoco, è ingenuo e sbagliato: perché il resistere al fuoco non è l'unica differenza nelle proprietà fisiche dei due; dire che se l'alchimia potesse compiere la trasmutazione, la natura dovrebbe produrre spade e letti, non ha senso, perché non è affatto detto che tra natura e arte ci debba essere reciprocità; dire che la trasmutazione dei metalli si compie solo nelle miniere perché gli embrioni dei viventi si generano solo negli uteri⁵, è doppiamente sbagliato: prima tutto semplicemente perché non è vero

⁵ Nella storia dell'alchimia islamica, un discorso su uteri e minerali sembra andare molto indietro nel tempo; mostrando, se è possibile una volta di più, che alchimia e medicina, che si muovono su binari paralleli e non sovrapponibili, sono pur sempre scienze sorelle. In un trattato dal probabile titolo *Miftāḥ ḡannāt al-ḥuld*, attribuibile a Gābir ibn Ḥayyān, compare una citazione del *Kitāb al-ḥabīb*, uno dei primi testi di alchimia tradotti in lingua araba, in cui è esplicitamente affermato che «utero» in alchimia è ciò (sostanza) che accoglie (da cui anche «recipiente») per un certo tempo. *Kitāb al-ḥabīb* [8], 34-35 (testo arabo): «Sappi, anche, che la sostanza che sale verso l'alto (l'agente, dotato di calore e movimento) non ha utero, ma riposa negli uteri secondo la loro capacità (di accoglierla) e la durata del suo permanere in essi. Come il pezzo di ferro: entra nel fuoco e il fuoco si acquieta in esso, poi, quando esce dal fuoco, il fuoco torna a salire verso l'alto e abbandona il pezzo di ferro. Ugualmente ogni sostanza semplicemente accoglie ogni cosa a seconda della quantità che di essa è in essa, e la lascia (non la accoglie) a seconda della quantità di ciò che è in essa del suo opposto». Cfr.: P. Carusi [19].

(molti vetrioli, come pure il *nūšādīr*⁶, si ottengono in laboratorio e non, o non solo, dalle miniere), e poi anche perché, e qui compare, e anche forte, il richiamo alla medicina, scienza sorella, l'alchimista non si propone di produrre nel suo laboratorio qualcosa di totalmente nuovo, ma solo di correggere una composizione e di trasformarla in un'altra; come il medico non genera un uomo, ma si limita a curarlo, in modo da conservare o ristabilire uno stato di salute⁷.

Già da queste prime osservazioni e risposte si può notare come tutta la trattazione tenda a mettere in rilievo il carattere di inidoneità di Avicenna nel giudicare le linee guida dell'alchimia, inidoneità che appare, ed è mostrata, tanto più grave se si considera l'esperienza maturata da Avicenna nella medicina.

Ma la trattazione raggiunge il suo punto più alto quando, nella sua risposta, il nostro autore affronta la questione più spinosa e importante: la possibilità o impossibilità della trasmutazione posta in relazione con la questione della fissità delle specie. Come si era in precedenza ricordato, la possibilità della trasmutazione era stata negata da Avicenna con una operazione per così dire in due tempi: per i metalli le differenze specifiche non sono conosciute e non è possibile affermare e dimostrare la trasformazione di qualcosa che non si conosce; e comunque in ogni caso le specie sono fisse e dunque la trasmutazione è impossibile. Nel rispondere a questi argomenti, che sceglie opportunamente di trattare in modo congiunto, il nostro autore chiama in causa in modo implicito lo stesso Avicenna, che nello *Šifā'*, nel *fann* dedicato ad azione e passione (*al-ṭabī'īyāt*, *fann* IV, *al-af'āl wa'l-infi'ālāt*) [6], aveva trattato del temperamento in un modo da alcuni giudicato ambiguo⁸, e in un passo del *fann* dedicato alla botanica [5] aveva parlato del temperamento della teriaca⁹. Se si considera un medicinale come la teriaca, scrive Rāzī, non vi è dubbio

⁶ I composti che nell'alchimia araba sono indicati come vetrioli (*zāḡāt*, pl. di *zāḡ*) sono in genere dei solfati; sul *nūšādīr* ci sono incertezze, ma potrebbe trattarsi di un cloruro.

⁷ Citazione non esplicita della definizione della medicina, in Galeno come pure in Avicenna. Ibn Sīnā, *Kitāb al-qānūn*, *kitāb* 1, *fann* 1, *ta'līm* 1, *faṣl* 1. Ibn Sīnā [7], I, 13: «La medicina è una scienza da cui si conoscono gli stati del corpo dell'uomo, sani e devianti dalla salute, allo scopo di conservare la salute se è presente e di ristabilirla se viene meno».

⁸ I. Madkour, in: Ibn Sīnā [6], introduction, XXII: «Il revient au mélange et parle des résultats obtenus dans les domaines des saveurs, des odeurs et des composés. Il a exposé la question précédemment dans le traité de la Génération et de la Corruption. Il en parle ici avec un langage qui comporte des équivoques; il l'appelle "mizag" tempérament. Il avait pourtant longuement parlé de tempéraments dans son "Canon" ...».

⁹ Ibn Sīnā, *Kitāb al-šifā'*, VII.7, in: Ibn Sīnā [5], 34: «Sappi che il *mizāḡ* (temperamento) è di due specie: un primo e un secondo *mizāḡ*. Il primo *mizāḡ* è un primo *mizāḡ* che si verifica a partire dagli elementi, mentre il secondo è il *mizāḡ* che si verifica a partire da cose che hanno esse stesse in sé un *mizāḡ*. Come ad esempio il *mizāḡ* delle medicine composte e il *mizāḡ* della teriaca: ogni medicina semplice delle medicine che compongono la teriaca ha un suo proprio *mizāḡ*; quando poi si mescolano e si compongono in modo che si velano con esso (il *mizāḡ* della teriaca), unendosi in un unico *mizāḡ*, si produce un *mizāḡ* del secondo tipo. Questo secondo *mizāḡ* non è tutto prodotto solo dalla scienza operativa (*šinā'a*), ma è generato anche dalla natura. Anche il

che essa produca delle azioni, che sono visibili e constatabili. Ci si chiede allora se si possa, o non si possa, dimostrare l'esistenza di una «forma teriachica» applicata all'essenza della teriaca, che sia la causa di tali azioni. Due sono le possibilità.

a. Se non si può dimostrare l'esistenza di questa forma, allora si deve dire che tali azioni, che manifestamente esistono, sono prodotte dal temperamento (*mizāğ*) della teriaca (cioè dalla sua composizione)¹⁰, e in questo caso niente vieta di dire che tutta una serie di caratteristiche dell'oro – si noti bene: colore, pesantezza, fusibilità, malleabilità – sono prodotte dal temperamento dell'oro, cioè dalla sua composizione.

b. Oppure si dimostra l'esistenza di una «forma teriachica»; una realtà di cui noi sappiamo solo che esiste e che governa le azioni prodotte dalla teriaca. Ci si può a questo punto chiedere se questo grado di conoscenza è sufficiente oppure no (si può qui notare l'ironia che serpeggia nel discorso) a far esistere la teriaca: se non è sufficiente, allora la teriaca non dovrebbe essere preparabile; se poi è sufficiente, allora si può anche dire che la forma della teriaca è una realtà che determina le azioni della teriaca, e che la forma dell'oro è una realtà che ne determina il colore, la pesantezza, la fusibilità e la malleabilità¹¹. Inutile dire che in questo modo il discorso è inevitabilmente ricondotto al punto a, perché dietro la «realtà» cui qui si accenna è senza alcun dubbio celato di nuovo il temperamento.

Costruito il ragionamento sulla relazione tra proprietà fisiche dei metalli e composizione, il discorso non può che portare all'affermazione della possibilità della trasmutazione (modificare la composizione è possibile, e l'alchimista saprà come fare). Il nostro autore infatti conclude:

E poiché è stata dimostrata la debolezza delle prove che impedirebbero l'esistenza dell'alchimia, la verità è che essa è possibile, poiché abbiamo mostrato che questi sette [metalli] sono congiunti nel fatto che sono corpi che fondono, che resistono

latte è, in realtà, un *mizāğ*, fatto di parti acquose, [parti] atte a diventare formaggio e [parti] grasse; e ognuna di queste tre non è semplice nella natura, ma è anch'essa "mescolata" e ha un *mizāğ* suo proprio. Ma questo secondo temperamento, nel latte, proviene [tutto] dall'opera della natura, non dall'opera della scienza; ed è dunque diverso dalla teriaca».

¹⁰ al-Rāzī inserisce considerazioni sul temperamento anche in altre due opere. *al-Tafsīr al-kabīr*, commento a *Cor.* 53.44 («E che è Lui che fa morire e fa vivere»): dove scrive che il temperamento è composto dai quattro elementi fuoco aria acqua e terra, che tendono a separarsi, e che solo ciò che non è composto dagli elementi non conosce la morte; e *Šarḥ al-išārāt wa al-tanbīhāt* (*Commento al Libro delle direttive e delle annotazioni* di Avicenna), in cui ripete le considerazioni sull'equilibrio del temperamento e ne dà anche una definizione: «il temperamento è una qualità stabile che hanno gli elementi mescolati e [in cui] ogni elemento ha una "posizione" (*ḥayyiz*) determinata». Faḥr al-Dīn al-Rāzī [9], 29, 19 e Id. [10], I, 120 e 127.

¹¹ Anche se di una forma sono molte le cose che non conosciamo, Rāzī aggiunge, ben si conosce per esperienza cosa giova e cosa non giova al mantenimento di una certa situazione; come, ad esempio, il calore non giova alla forma dell'acqua, che, sottoposta al calore, muta la sua forma tramutandosi in aria (si noti qui l'uso di «forma» e di «mutamento di forma» applicati a un oggetto fisico manipolato in laboratorio e a una trasformazione fisica).

al fuoco e sono malleabili, e che l'oro è diverso dagli altri solo per il colore giallo e per la sua pesantezza, cioè la forma dell'oro è limitata a questi due attributi. Se è provato questo, e ciò in cui consiste il loro essere differenti non è strettamente legato a ciò che li accomuna, è dunque possibile che la corporeità del rame possieda (possa acquisire) il colore giallo dell'oro e la sua pesantezza, e questo è ciò che si chiedeva...

Considerazioni

Nel quadro più generale dei dibattiti e delle polemiche che in area islamica coinvolgono alchimisti e filosofi tra XI e XIII secolo, la presa di posizione di Faḥr al-Dīn al-Rāzī a favore della trasmutazione alchemica fa pensare, perché riassume, toccandoli da vicino, alcuni punti nevralgici della contrapposizione. Si può notare in primo luogo, e lo si era già accennato all'inizio di questo lavoro, che la discussione si svolge tutta all'interno di una riflessione sul modo di intendere alcuni tratti della filosofia naturale di Aristotele, da parte filosofica, teologica e alchemica. Se si considera la lunga storia degli studi sull'alchimia, la questione riveste un interesse particolare, perché qui, e non si tratta dell'opera di un alchimista, l'alchimia è collocata, o ricondotta, in quello che sembra essere il suo alveo naturale: la filosofia, e la filosofia aristotelica. Il teologo, ovviamente, non è un alchimista, e dunque alcuni aspetti più puntuali, perché più interni alla disciplina alchemica, non vengono in luce in primo piano; ma, lungi dall'essere d'intralcio, la caratteristica si rivela essere un fatto positivo, perché, vista in un certo senso dall'esterno, la discussione mette in luce proprio alcuni punti che rappresentano una priorità. Per ragioni di spazio e di tempo – sul rapporto natura-arte, e su altre particolarità della discussione raziana non torniamo sopra in questa sede – ci limiteremo qui a notare due particolari.

1. Ciò che sembra essere veramente il centro della questione, ed è questo che vogliamo in primo luogo rimarcare, è il significato che Rāzī, in accordo con gli alchimisti, conferisce al termine *mizāğ* (temperamento); termine che con buona approssimazione si può ritenere traduzione del greco aristotelico *mixis*¹². Dove Avicenna – nella rappresentazione che qui ne dà il nostro autore, trasformazione di un cane in un somaro e viceversa – sembra riservare i termini «specie» (*nau'*) e «forma» (*šūra*) in particolare alla trattazione delle diverse specie degli esseri viventi – al-Rāzī, e con lui l'alchimista, riconduce la «forma» al *mizāğ*, composizione o temperamento, nel significato che aveva la *mixis*, composizione omogenea, attribuibile a composti sia inorganici che organici. Se si accetta il significato del termine *mizāğ*, equiparato più o meno strettamente al termine *mixis*, ogni corpo natu-

¹² Il riferimento è ovviamente a *De generatione et corruptione* I.10 e a *Meteorologica* IV. Sulla *mixis* in Aristotele e sul suo eventuale contributo alla storia della chimica, si vedano tra gli altri: l'ormai classico H.H. Joachim [22] e il recentissimo C. Viano [25]. Su alchimia islamica e *mizāğ*: P. Carusi [17] e [18].

rale omogeneo, cioè non fatto di parti semplicemente giustapposte – da questo punto di vista corpi non viventi come i metalli e omeomeri dei viventi non sono diversi – ha un *mizāğ* suo proprio, cioè una composizione, cui è legata una forma; in esso i componenti sono presenti in potenza in una situazione di equilibrio, e una volta che questa composizione sia disgregata, e il composto ridotto a parti per così dire «elementari», non è assurdo discutere della sua trasmutazione. L'impostazione data da Rāzī alla perorazione viene in luce in particolare quando, nella parte conclusiva del suo discorso, ritornando sulla questione della forma e della fissità delle specie, egli rinvia al primo punto della sua replica, in cui trattava del temperamento di un medicinale¹³; ciò di cui si deve discutere quando si tratta di forme e di trasformazione, egli afferma piuttosto chiaramente, è in definitiva la composizione di ogni corpo composto esistente in natura.

Sulla relazione, forse esistente nell'alchimia islamica, tra *mizāğ* alchemico e *mixis* aristotelica molto ancora si deve indagare¹⁴, e tuttavia sembra opportuno sol-

¹³ Nel quadro di un accostamento tra *mizāğ* alchemico e *mixis*, l'esempio della teriaca, medicinale composto e *mizāğ* del secondo tipo in Avicenna (v. *supra*, nota 9) è destinato a suscitare dei dubbi, sia dal punto di vista di Aristotele, per il quale la *mixis* è una composizione in cui è omogeneità e non giustapposizione, sia da quello degli alchimisti, che, in accordo con Aristotele, dichiarano esplicitamente di trattare *amziğa* (pl. di *mizāğ*) del primo tipo, cioè composti di parti «elementari» (nella loro opinione: le nature, o qualità); ma qui il teologo, interessato in primo luogo a sostenere che la trasformazione alchemica, che si realizza «al di là delle forme», è in ogni caso possibile, riprende e supera ogni motivo di difficoltà, appoggiandosi da un lato alla medicina e dall'altro, polemicamente, allo stesso Avicenna (v. *supra*): anche un anomeomero complesso, e dunque anche la teriaca, medicinale composto, avrà un *mizāğ* – risultante da quelli dei suoi componenti – suscettibile di trasformazione. Sul modo in cui si intende il *mizāğ* in alchimia ben si sofferma al-Ṭuğrāṭ [13], ff. 188v sg.: «[...] il modo in cui si produce il nostro composto non è come il modo in cui si producono le paste (elettuari) e le medicine composte dai semplici, poiché, nel composto di semplici, le medicine sono giustapposte (*muḥtalīta*), non mescolate in un mescolamento vero (*mumtaziğa* => *mizāğ*), e della potenza che si verifica in esso (composto), i semplici non ne sono affatto privi. Non è così la situazione del nostro composto in confronto con le sue parti semplici, perché esso è composto degli elementi più semplici cui noi possiamo giungere, privi della forma specifica che esso (il composto) aveva. La composizione viene meno realmente, non in senso metaforico; poi è composto in un'altra composizione e mescolato in un secondo *mizāğ* secondo lo scopo di chi se lo propone. La composizione fa avvenire in esso una proprietà (*ḥāṣṣīya*) che non era né in nessuna delle sue parti semplici (189r) né nella prima sostanza prima che la sua composizione venisse meno...».

¹⁴ Nel momento in cui fosse equiparato alla *mixis*, il *mizāğ* erediterebbe tutti gli interrogativi legati all'interpretazione della *mixis*, primo tra tutti quali siano i suoi componenti e in che modo siano presenti nel composto. Per gli alchimisti – teoria che essi fondano sulla considerazione che i quattro elementi sono corpi omeomeri, che si trasformano l'uno nell'altro con variazione dei rapporti tra le nature – le parti elementari di cui si discute nel *mizāğ* sono in ogni caso le quattro nature, o qualità: calore freddezza umidità e secchezza. Ciò risulta in accordo con quanto Aristotele afferma in *De gen. et corr.* II.2 329 b 22-24, quando definisce *stoicheia* (elementi) non i quattro elementi («corpi» semplici) ma le qualità (cfr. D. Frede [20], qui 303). Nella composizione di un *mizāğ* i cui componenti semplici sono le nature, scrive l'alchimista, non si può dire che i com-

levare qui la questione, poiché si tratta di una via da percorrere¹⁵. Per intanto, da quanto detto si produce una considerazione importante sulla relazione alchimia-medicina: non vi è dubbio che le due *sinā'āt* si occupino di cose diverse, corpi inorganici la prima e organici la seconda; tuttavia, se i loro oggetti sono – come sono in effetti – corpi composti, esse hanno in comune il vero e proprio centro della questione: il *mizāğ*, che nel caso della medicina è il temperamento/composizione del paziente, dei suoi organi e dei suoi tessuti, e nel caso dell'alchimista il temperamento/composizione del corpo inorganico. Non a caso, replicando ad Avicenna, Fahr al-Dīn paragona la trasmutazione alla cura; il vivente e il non vivente si comportano in modo diverso e di essi si occupano scienze diverse, ma all'origine, proprio all'origine, nella loro attenzione ai corpi composti e alle loro trasformazioni, alchimia e medicina hanno un nucleo in comune. A proposito dell'esempio della teriaca, si può poi forse aggiungere una nota ulteriore: dato che la teriaca è una medicina generatrice di effetti di cui non si conosce la causa, ciò che qui viene in luce è anche la millenaria tradizione delle proprietà occulte (in latino *proprietas*, *virtutes*), tradizione che rinvia a due ben noti passi di Galeno e che l'alchimia condivide con la medicina¹⁶.

2. A partire dal discorso sulla specie e sulla forma, e sul rapporto temperamento/forma¹⁷ così come è inteso dagli alchimisti, Rāzī sferra un ultimo colpo ad Avicenna; con un passo geniale, passo basato, si noti, anche sull'esperienza e sul-

ponenti semplici abbiano una forma, ed è solo al *mizāğ* che la forma deve essere attribuita. Nella trasformazione di un *mizāğ* in un altro si susseguono la distruzione della forma del primo *mizāğ*, la riduzione ai componenti semplici (le nature) e la ricomposizione in un nuovo *mizāğ* cui sarà attribuita una nuova forma.

¹⁵ Allo stato attuale degli studi, non è facile individuare a quale linea di commentatori di Aristotele gli alchimisti musulmani siano più vicini; tra i commentatori, sembra tuttavia utile riflettere su Alessandro di Afrodisia (e anche su Giovanni Filopono, o Grammatico, che a lui si ispira). Particolare interessante, in Alessandro, è l'attenzione che egli riserva alla decomposizione del misto – tema su cui Aristotele non si era particolarmente soffermato, ma fondamentale in alchimia – che Alessandro (*Quaestiones* II.20) tratta dopo un significativo richiamo alla trasformazione degli elementi l'uno nell'altro, e tramite il quale riduce a una diversità che è solo apparente il comportamento dei corpi non viventi e viventi. Alexandre d'Aphrodise [2], introduction, XXXII-LXX; Alessandro di Afrodisia, *Quaestiones*, II.20, in: *Alexandri Aphrodisiensis ...* [1], 63-65. Sulla presenza di Alessandro di Afrodisia in testi alchemici, cfr. P. Kraus [23], 322 sg., e in tempi più recenti E. Gannagé [21].

¹⁶ Cfr. P. Carusi [16].

¹⁷ La relazione tra temperamento (*mizāğ*) e forma (*šūra*) ricorre più volte nella letteratura islamica filosofica e scientifica fino a epoca moderna. Ormai in epoca moderna, cfr. Šadr al-Dīn al-Šīrāzī (m. 1640) [12], 207: «Sappi che quando gli elementi si mescolano (*imtazağat*) di un mescolamento perfetto, e le loro forme specifiche interagiscono reciprocamente tramite le loro qualità opposte e si produce il temperamento perfetto, si produce dopo questo in quel misto (*mumtaziğ*) una forma per la quale quel misto diviene una specie e una realtà diversa dagli elementi, ed essa [forma] è un primo compimento che gli avviene; poi da essa risultano altri compimenti, che sono le qualità e le azioni».

l'osservazione: se il temperamento o composizione si rivela nelle proprietà, allora tutti i corpi composti in cui si nota una condivisione di proprietà possono essere dall'alchimista considerati come facenti parte di uno stesso gruppo, all'interno del quale sarà possibile, e forse agevole, muoversi correggendo la composizione in nature. Considerando in particolare i metalli, non vi è dubbio che essi condividano una serie di proprietà – pesantezza (o peso specifico), colore (oggi diremmo anche lucentezza metallica), fusibilità, malleabilità; essi appartengono dunque a uno stesso gruppo, e si potrà passare dall'uno all'altro correggendo il temperamento, cioè la composizione in nature.

Alle obiezioni filosofiche di *Šifā'* V.1, l'alchimista – e qui Rāzī che, in un certo senso, ne interpreta la parte – risponde con le ragioni di una scienza operativa dei corpi, appellandosi alla medicina e ad un approccio «fisico» alla natura; un po' come dire che, se a giudicare l'alchimia fosse stato l'Avicenna del *Canone*, forse tutta questa discussione non avrebbe avuto ragione di esistere.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alessandro di Afrodisia, 1892. *Alexandri Aphrodisiensis praeter commentaria scripta minora, Quaestiones, De fato, De mixtione*, I. Bruns ed. (Supplementum aristotelicum II.2), G. Reimer, Berlin.
- [2] Alexandre d'Aphrodise, 2013. *Sur la mixtion et la croissance (De mixtione)*, texte établi, traduit et commenté par J. Groisard, Les Belles Lettres, Paris.
- [3] Ibn Sīnā, 1908. *Risāla fī abkām al-'ulūm al-'aqlīya*. In: *Tis' rasā'il fī l-ḥikma wa'l-ṭabī'iyāt*, maṭba'a hindīya, al-Qāhira. In tempi più recenti: Id., 1986. *Tis' rasā'il...*, Ḥ 'Āṣī ed., dār qābis, Bairūt.
- [4] –, 1965. *al-Šifā', al-ṭabī'iyāt V (al-ma'ādīn wa al-ātār al-'ulwīya)*, 'A. Muntaṣir S. Zāyid 'A. Ismā'il eds., al-hai'at al-'amma li-šu'un al-maṭābi' al-amīriya, al-Qāhira.
- [5] –, 1965. *al-Šifā', al-ṭabī'iyāt VII (al-nabāt)*, 'A. Muntaṣir S. Zāyid 'A. Ismā'il eds., al-hai'at al-'amma li-šu'un al-maṭābi' al-amīriya, al-Qāhira.
- [6] –, 1969. *al-Šifā', Physique / al-ṭabī'iyāt*, 2-4, dār al-kātib al-'arabī li'l-ṭibā'a wa al-naṣr, al-Qāhira.
- [7] –, 1999. *al-Qānūn fī l-tibb*, M.A. al-Ḍannāwī ed., vv. 3, dār al-kutub al-'ilmīya, Bairūt.
- [8] *Kitāb al-ḥabīb*. In: M. Berthelot, 1893. *La chimie au Moyen Âge*, III, Imprimerie Nationale, Paris, 34-78 (testo arabo) 76-115 (traduzione francese).
- [9] al-Rāzī Faḥr al-Dīn, 1933-. *al-Tafsīr al-kabīr*, 32 *ağzā'*, al-maṭba'at al-miṣriya, al-Qāhira.
- [10] –, 1404 (1984). *Šarḥ al-iṣārāt wa al-tanbīhāt*, 2 *ağzā'*, manšūrāt maktabat āyat Allāh al-'uzmā al-Mar'aṣī al-Nağafī, Qum.
- [11] –, 1411 (1990). *al-Mabābiḥ al-mašriqiya fī 'ilm al-ilāhīyāt wa al-ṭabī'iyāt*, vv. 2, Bidar, Qum.
- [12] al-Širāzī Sadr al-Dīn, 2001. *Šarḥ al-bidāya al-aṭriya*, mu'asassat al-ta'riḥ al-'arabī, [Bairūt].
- [13] al-Ṭuğrā'ī, *Ḥaqa'iq al-istiḥād*, ms. Dublin, Chester Beatty Library, Ar. 3231, ff. 179v-204v.
- [14] –, 1982. *Kitāb ḥaqa'iq al-istiḥād*, R. F. Razuq ed., al-ğumhuriyat al-'irāqiya, wizārat al-ṭaqāfa wa al-'ilām, dār al-raṣīd, tawzī' al-dār al-waṭaniya, Bağdād.
- [15] Berthelot M., 1893. *La chimie au Moyen Âge*, III, Imprimerie Nationale, Paris.
- [16] Carusi P., 2013. Alchimia e teologia, trasmutazione e miracolo nel Sīrr al-'ālamain attribuito a Ġazālī. Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, s. V, v. XXXVII, p. II, t. II, 239-252.

- [17] –, 2014, in corso di stampa. Tra filosofia, medicina e alchimia. Averroè e la questione delle «umidità radicali». In: G. Orofino A. Roselli A. Sannino (a cura di), Atti del Simposio internazionale *Elisir mercuriali e immortalità. Capitoli per una storia dell'alchimia nell'antica Eurasia* (Napoli 5-6 novembre 2013). A.I.O.N., 36.
- [18] –, in corso di stampa. al-Ṭuḡrā'ī vs. Ibn Sīnā: la risposta di un alchimista allo sciant artifices. In: A. Straface, C. De Angelo, A. Manzo (a cura di), *Labor limae*, Atti in onore di Carmela Baffioni. Studi Magrebini.
- [19] –, in corso di stampa. Iznīqī and Jābir, Sirr and Miftāḥ: two authors, four titles, one alchemical treatise. al-Qantara.
- [20] Frede D., 2004. On Generation and Corruption I.10: On Mixture and Mixables. In: *Aristotle: On Generation and Corruption, Book I. Symposium Aristotelicum*, F. De Haas J. Mansfeld eds., Clarendon Press, Oxford, 289-314.
- [21] Gannagé E., 1998. Alexandre d'Aphrodise In De generatione et corruptione apud Ḡābir b. Ḥayyān, K. al-Taṣrīf. Documenti e studi sulla tradizione filosofica medievale, 9, 35-86.
- [22] Joachim H.H., 1904. Aristotle's conception of chemical combination. *The Journal of Philology*, 29, 72-86.
- [23] Kraus P., 1989. *Jābir ibn Ḥayyān. Contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam, II. Jābir et la science grecque*, Olms, Hildesheim Zürich New York (rist. anast. ed. Le Caire, Imprimerie de l'Institut Français d'Archeologie Orientale, 1942).
- [24] Shihadeh A., 2014. Avicenna's Corporeal Form and Proof of Prime Matter in Twelfth-Century Critical Philosophy: Abū'l-Barakāt, al-Mas'ūdī and al-Rāzī. *Oriens*, 42, 364-396.
- [25] Viano C., 2015. Mixis and Diagnōsis; Aristotle and the Chemistry of the Sublunary World. *Ambix*, 62.3, 203-214.

FRANCESCO VIZZA*

Giano Lacinio Alchimista Francescano del Cinquecento

Giano Lacinio sixteenth century Franciscan Alchemist

Summary – Janus Lacinio in 1546 published in Venice one of the first printed treatises on alchemy. This work has been translated into four languages and reprinted numerous times over the course of five centuries. The alchemical allegory proposed by Lacinio is based on dialectical opposition *death-resurrection* of matter through the representation of the redemption of the human body. The transmutation of matter takes on the value of the elevation of man to a state of spiritual perfection. Lacinio is an author lost in the history of alchemy. Here, his contribution to alchemy is discussed along with the rediscovery of his identity.

Riassunto – Giano Lacinio nel 1546 a Venezia pubblica uno dei primi trattati a stampa sull'alchimia. L'opera è stata tradotta in 4 lingue e ristampata numerose volte nel corso di 5 secoli. L'allegoria alchemica proposta da Lacinio si fonda sulla dialettica contrapposizione *morte-resurrezione* della materia attraverso la rappresentazione della redenzione del corpo umano. La trasmutazione della materia assume il valore dell'elevazione dell'uomo ad uno stato di perfezione spirituale. Lacinio era autore perduto nella storiografia alchemica. Viene qui discusso il suo contributo all'alchimia e la sua ritrovata identità.

Introduzione

Giano Lacinio, a Venezia nel 1546, dà alle stampe un trattato di alchimia dal titolo «*Pretiosa Margarita Novella de Thesauro, Ac Pretiosissimo Philosophorum Lapide, Artis, Huius Divine Typus et Methodus: Collectanea ex Arnaldo, Raymundo, Rhasi, Alberto et Michaelae Scoto; per Ianum Lacinium Calabrum nunc primum, cum lucupletissimo indice, in lucem edita*». L'opera, pubblicata dai figli di Aldo Manuzio in un elegante piccolo formato, è uno dei primi testi alchemici stampati.

* Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Chimica dei Composti Organometallici (CNR-ICCOM), Via Madonna del piano 10, 50119 - Sesto Fiorentino (FI).

E.mail: francesco.vizza@iccom.cnr.it

La fortuna e l'importanza del trattato di Lacinio è testimoniata dalle varie edizioni stampate nell'arco di quattro secoli: a Venezia nel 1546 e nel 1557 e a Norimberga nel 1554; nel 1714 a Lipsia viene pubblicata da Wolfgang una traduzione in tedesco; nel 1894 a Londra, A. E. Waite pubblica *The New Pearl of Great Price a Treated Concerning the Treasure and Most Precious Stone of the Philosophers*, una traduzione e adattamento in lingua inglese dell'opera stampata a Venezia nel 1546. Il trattato è stato ristampato in inglese nel 1963.

Nel 2014, a cura dello scrivente, è stato pubblicato un volume su Giano Lacinio, che riporta la sua biografia e la prima traduzione in italiano della sua opera [24]. In questo articolo sono riportati nuovi elementi sulla vita dell'alchimista ed una rivisitazione del suo trattato.

A differenza della sua opera, Lacinio è un personaggio poco noto nella storiografia alchemica e nella stessa storiografia minoritica.

La vita

Sono scarsissime le notizie della sua vita e la sua identità era andata smarrita nel corso dei secoli. Bernardino Tafuri nella sua *Istoria degli scrittori nati nel Regno di Napoli* in merito a Lacinio riporta: «*In quale luogo della Calabria, avuto avesse egli il nascimento, per diligenza praticate, non abbiamo saputo invergarlo. Egli è certo però, che fu dalla nascita dotato d'un alto, e perspicace ingegno, ed atto ad apprendere qualsisia scienza la più difficile. Imperciocchè imparò la lingua latina, la Filosofia, la Teologia, la Medicina, ma la Chimica fu mai sempre la sua diletta. In questa applicò tutto il suo talento, consumando le sostanze del suo non troppo pingue patrimonio per rinvenire la maniera di trasmutare i metalli; e perciò si provvide di tutte quelle opere manoscritte o stampate, che trattavano quell'argomento. E comeche alcuni portassero opinione, aver egli rinvenuta la vera maniera di ridurla a perfezione, e che più volte gli fusse anche riuscito di farla perfettamente; pure la strettezza, in cui egli visse lungo tempo, e colla quale anche morì, persuase a tutti chiaramente il contrario. Questa sua applicazione sembrava strana a molti di coloro, che lo stimarono per uomo di consumata prudenza, e di saldo, e maturo intendimento; parendo loro, che gli scemasse in qualche parte il credito, in cui era comunemente tenuto, il vederlo applicato a quel vano, e sciocchissimo intrattenimento. Ma questo fu un difetto scusabile in un Uomo Filosofo, desideroso di rinvenire la verità di queste cose, che si revocano in dubbio. Procurò bensì unire assieme quante opere Chimiche potè egli rinvenire, e pubblicolle per mezzo delle Stampe» [22].*

Secondo lo storico Giovanni Giacinto Sbaralea (1687-1764), che riprende una nota di P. Ianne-Marie de Vernon del 1686, Lacinio è identificabile nel francescano calabrese Giovanni da Crotone che fece discendere il suo pseudonimo da Capo Lacinio, promontorio situato nei pressi di Crotone [9, 21]. Lynn Thorndike nella monumentale *History of magic and experimental science* lo cita come il calabrese francescano di Psycronea in Basilicata [23]. Questi autori molto probabilmente non

avevano letto l'opera di Lacinio. Lo vogliono invece di Cirò L. Aliquò Lenzi [2] in *Gli scrittori calabresi*, Angelo Zavarrone [25] in *Biblioteca Calabria* e Luigi Accattatis [1] in *Le biografie degli uomini illustri delle Calabrie*. A fugare ogni dubbio sull'origine di Lacinio basta leggere come egli si presenta al lettore: «*Giano Lacinio Minorita Calabrese di Cirò saluta il lettore*» [14].

L'alchimista era dunque di Cirò, un piccolo paese della Calabria situato nei pressi dell'estrema propaggine meridionale del Golfo di Taranto.

A una più precisa identità dell'autore, lo scrivente è stato guidato dalla lettura di alcune lettere e qualche carme di Gian Teseo Casopero, un giovane umanista di Cirò che, trasferitosi a Padova nel 1533 per attendere agli studi giuridici, intesse per qualche anno una profonda amicizia con il teologo «antoniano» Giano Lacinio Terapo e con il confratello Cosimo Balsamo, già dottore in teologia, ambedue provenienti dalla stessa terra calabra, mettendo fine così a tante incertezze e distorsioni in merito ai riferimenti sulla sua identità riscontrati nella letteratura precedente. In un secondo momento, a comprova dei nuovi dati, ho fornito una documentazione d'archivio raccolta negli *Acta graduum academicorum Gymnasii Patavini* della prima metà del Cinquecento, dal I volume dell'*Archivio Sartori* e da archivi notarili coevi [15, 20, 26] che registrano la presenza a dottorati in teologia di «*Ioannes Lacinius calaber*» nel 1529 quale baccalauro, quindi nel 1536, forse già «*magister theologiae*», infine il 27 agosto 1549 mentre conferisce le insegne a un dottorando, evidentemente quale reggente dello Studio generale del Santo.

Dal percorso di studi eseguiti da Lacinio e dall'età alla quale il religioso accedeva ai vari gradi di studi, possiamo, con un buon grado di approssimazione, stabilire che la sua data di nascita risale al periodo compreso tra il 1502-1505.

Riepilogando, il teologo minorita e alchimista Giano Lacinio nasce a Cirò tra il 1502 e il 1505. Quasi sicuramente all'età di 10 anni entrò come semplice oblato nel monastero dei Minori Conventuali di San Francesco d'Assisi di Cirò, dove compì i primi studi di grammatica. Il convento era stato istituito nel 1363 da Urbano V per contrastare i *fraticelli eretici* che erano divenuti tanto pericolosi da dover essere repressi dal braccio secolare. È nello studio del convento che Lacinio strinse amicizia con il suo coetaneo Luigi Lilio, colui che diventerà il famoso matematico ed astronomo ideatore della riforma del calendario gregoriano.

All'età di 16 anni Lacinio fu ammesso al noviziato e si recò molto probabilmente a Napoli dove frequentò lo Studio di Seconda Classe [18].

Dopo 9 anni di impegnativi studi di logica, filosofia, metafisica e teologia, Lacinio, all'età di 24 anni, fu ordinato sacerdote. In virtù della sua particolare attitudine allo studio, fu inviato nel Collegio Teologico del Convento del Santo di Padova, dove conseguì il dottorato in Sacra Teologia. In seguito, Padre Maestro Giano Lacinio fu avviato alla prestigiosa carriera di reggente ed insegnò per altri 9 anni negli Studi di teologia. Dopo 27 anni di studio e di insegnamento, conseguì il Magistero dell'Ordine e fu professore e reggente del Collegio Teologico del Convento del Santo di Padova. Dimorò per diversi mesi nella Gallia Cisalpina e a Venezia.

Dopo il 1549 egli sparisce dalla documentazione e non v'è finora alcuna traccia dove si sia rifugiato, né della sua morte. Non è da escludere che, essendo stata attivata nel convento del Santo la nuova Inquisizione tridentina ed essendo stati severamente vietati testi, laboratori ed esperimenti di alchimia, magia, sortilegi, divinazioni, ecc., il nostro Giano Lacinio sia stato per lo meno ammonito, se non allontanato da Padova o incarcerato.

L'opera

Lacinio con la sua opera edita una raccolta di testi alchemici attribuiti ad autori medioevali di assoluto rilievo della storia dell'alchimia: Pietro Bono da Ferrara del XIV secolo; Alberto Magno e Michele Scotto del XIII secolo; Raimondo Lullo e Arnaldo da Villanova del XIII ed inizio XIV secolo. La sola eccezione è costituita dal persiano Rhasis, vissuto nel X secolo. L'opera esclude autori del '400, malgrado sia stato in Europa il periodo di maggiore diffusione dell'alchimia, con moltiplicazione del numero di manoscritti e raccolta di testi classici riccamente miniati. Tuttavia, sul piano teorico-speculativo, come affermato da M. Pereira in *Alchimia i testi della tradizione*, durante questo secolo non si registrarono importanti elementi di novità e nessun riferimento è riportato per gli autori di inizio XVI secolo durante il quale l'alchimia si connota di un misticismo esasperato non condiviso da Lacinio.

Il trattato di Lacinio prende una parte del titolo dal manoscritto *Pretiosa Margarita Novella*, opera di un autore di rilievo nella storia dell'alchimia occidentale di cui conosciamo poche note biografiche: Pietro Bono da Ferrara, «phisico», che scrisse la sua ampia trattazione sull'alchimia a Pola nel 1338.

La motivazione del teologo Lacinio a pubblicare una raccolta di testi sull'alchimia è ben esposta nel saluto che porge al lettore e nel «*colloquio di dedica*» che l'autore immagina di avere con Pietro Bono.

Racconta che dopo avere trascorso sei mesi nella Gallia Cisalpina, ritornato a Padova, trova un manoscritto di Pietro Bono da Ferrara «*sulla verità e possibilità*» dell'alchimia e ne rimane affascinato. Questa circostanza, riportata in una lettera pubblicata da Gian Teseo Casopero nel 1535, ci induce a pensare che Lacinio impiegò almeno undici anni a comporre il suo trattato, stampato nel 1546. Mino Gabriele [10], il primo ad aver tradotto in italiano e commentato le figure edite da Lacinio, pone il 1515 come data *post quem* della realizzazione dell'opera, poiché Lacinio cita al passato remoto la dedica a Leone X che Giovanni Augurello aveva apposto alla sua *Chrysopeia*, stampata nel 1515.

Con la sua opera Lacinio vuole illustrare e divulgare il pensiero di alcuni alchimisti da lui ritenuti tra più grandi di tutti i tempi. Nessuno, secondo Lacinio, prima di Bono aveva esposto le ragioni dell'alchimia in maniera così profonda, accurata e chiara. Era necessario riassumere i punti principali di quel manoscritto, aggiungervi alcuni scritti fondamentali di Raimondo Lullo, Arnaldo da Villanova, Michele

Scoto, Alberto Magno e Rhasis, e dare alle stampe un'opera sull'alchimia che la riportasse alla luce dalle tenebre nella quale cattivi maestri l'avevano confinata. Scrive Lacinio: «*Per questo non senza ragione è scritto sul frontespizio: La Nuova Perla Preziosa. E davvero nuove e preziose sono queste perle, non oscure, non screditate da sciatterie, come quelle di quasi tutti gli altri. Grazie alla sua tanto grande scienza e filosofia sarà facile comprendere i ricordi di quegli scrittori che l'hanno dipinta in maniera così oscura che sembra che nessuno sia in grado di capirla fino in fondo*».

In particolare, la conoscenza dell'opera di Bono sarebbe stata di aiuto non solo a quanti praticavano la Grande Arte, ma anche a coloro che disprezzavano questa scienza fondata sulla dottrina peripatetica e averroistica, «*di gran lunga più preziosa dell'oro e delle pietre preziose*».

L'alchimia, scrive Lacinio, è propria delle persone sane e pure; San Tommaso stesso aveva affermato che «*quest'arte era stata inventata da un santo o la sua invenzione lo aveva reso santo*». Lacinio riprende un concetto caro agli alchimisti francescani del XIII e XIV secolo: l'arte alchemica si fonda su una profonda ispirazione divina. In questo contesto, la ricerca della pietra filosofale non è un mezzo per accumulare ricchezze, ma lo strumento per il rinnovamento dell'anima e per soccorrere tutti i bisognosi: «*I cristiani infatti hanno l'oro per una lecita e onesta causa; vale a dire non per esserne schiavi, ma per poter soccorrere tutti i bisognosi*».

L'alchimia, riproposta da Lacinio, detta un progetto di redenzione universale, di elevazione spirituale, in cui i metalli diventano simboli di un perfezionamento dell'uomo attraverso la Fede. I religiosi e i puri di spirito sono legittimati a praticare e divulgare l'alchimia, ribattendo con forza quanto dichiarato da vari esponenti della Chiesa i quali tentavano con tutti i mezzi di occultare questa disciplina che, se praticata dagli infedeli, avrebbe rappresentato un serio pericolo per la fede in Cristo. Afferma Lacinio: «*La fede in Gesù Cristo è stata fatta quando è stato fatto il mondo, tra le fiamme e il fuoco, e perciò tanto cresce quanto più la combatti. Ma speriamo che ci mandino (mi si passi la parola) uomini con le palle più che prudenti. Non è infatti questo un andare contro il precetto del Signore, che ci insegna che gratuitamente abbiamo ricevuto e gratuitamente dobbiamo dare? Mi dicano costoro quale utilità porta al genere umano una sapienza nascosta? Che cosa una gemma occultata? Che cosa un tesoro sepolto? E quale sarebbe l'uso di una lampada? Quale utilità darebbe? Se la metti sotto il moggio e non sopra il candelabro, come ci ha insegnato il Cristo. Costoro nascondono il talento del Signore per avidità innata, non per pietà cristiana; per vigliaccheria piuttosto che per pietà*».

L'opera è dedicata al Sole, a Mercurio e ai giusti: «*poiché da essi scaturisce tutto ciò che ad essa è necessario. E a tutti coloro che coltivano la virtù e ogni retta occupazione*». Non è dedicata dunque a nessun potente di turno, re, papa o imperatore affinché, egli afferma, non abbia a succedere quello che è capitato ad Augurello, autore del poema *Chrysopoeia* sull'alchimia, dedicato a Leone X, che a sua volta per scherno gli regalò una scarsella di seta verde da riempire con oro alchemico. Scrive Lacinio: «*Così fece Aurelio Augurello con la sua Crisopeia con Papa Leone X (muni-*

fico e liberale) quando gliela dedicò attenendo una ricompensa. E quello gli donò una scarsella di seta verde, che la gente dice essere il colore della speranza».

Il trattato, dopo il saluto al lettore e il colloquio di dedica, inizia con un paragrafo dal titolo: «*Il tipo e il metodo delle mutazioni in meglio dei metalli ti vengono ora mostrati, o lettore, da Giano Lacinio Terapo calabrese*» nel quale è riportata una ricetta per la realizzazione della pietra filosofale capace di trasformare in oro o argento da tremila a cinquemila parti di piombo, stagno o rame. La *pietra* ottenuta è anche una medicina efficace contro le malattie del *corpo e dell'anima*, e conserva al meglio gli uomini buoni favorendo loro una sana vecchiaia. L'aspetto farmaceutico assume un'importanza fondamentale per Lacinio, perché già dal XIII secolo la ricerca della trasmutazione dei metalli si accompagnò alla ricerca dell'elisir, il farmaco universale al quale si attribuiva il potere di prolungare la vita. L'elisir avrebbe avuto il potere di purificare l'uomo dalle impurità e dunque dalle malattie. Nella ricetta, le varie fasi dell'Opera e gli ingredienti utilizzati sono indicati con le lettere dell'alfabeto, rendendo ancora più incerta ed oscura la sua interpretazione. Seguono, in sette tavole, le immagini e la descrizione della natura dei sette metalli raffigurati in chiave antropomorfica: oro, argento, mercurio, stagno, rame, piombo e ferro.



Rappresentazione allegorica dei sette metalli secondo Giano Lacinio. Il re rappresenta l'oro; seguono da sinistra: argento, piombo, ferro, stagno, rame e mercurio. [*Germanisches National Museum Norimberga – Giano Lacinio, ms (1577-1583)*].

L'originalità dell'opera di Lacinio, ed il suo autentico contributo all'alchimia, oltre alla divulgazione e parafrasi delle opere di Bono, Arnaldo da Villanova, Lullo, Alberto Magno, Michele Scoto e Rhasis, consiste essenzialmente nell'illustrazione di 14 xilografie che traducono in immagini simboliche l'uccisione di un re, trafitto con la spada dal proprio figlio, e la sua resurrezione dopo che si è unito al figlio stesso nel sepolcro. Il ciclo figurativo di Lacinio descrive le tappe della trasmutazione alchemica della materia: il re allude all'oro, che viene disciolto dal mercurio (il figlio) mediante il fuoco rappresentato dalla spada. Dall'unione dell'oro con il mercurio, attraverso le varie fasi del procedimento alchemico, nasce una sostanza nuova, l'elixir o pietra filosofale, che può trasformare in oro tutti i metalli vili. Il sepolcro simboleggia il forno alchemico nel quale avviene la congiunzione dell'oro al mercurio e la progressiva realizzazione della Grande Opera. L'allegoria si basa sulla dialettica contrapposizione *morte-resurrezione* della materia attraverso la rappresentazione della redenzione del corpo umano secondo la visione cristiana della Passione di Cristo. La trasmutazione dei metalli assume il valore della trasmutazione dell'uomo ad uno stato di perfezione spirituale [7].

Secondo Mino Gabriele [11], l'ispirazione iconografica dell'opera di Lacinio molto probabilmente è da ricercare nelle miniature acquerellate, che pur con alcune varianti sono state riportate in un codice di Leida, realizzato tra il 1522 e il 1526 [3].

La rappresentazione scenica del martirio dei metalli antropomorfizzati, tema ricorrente nella letteratura alchemica, risale a Zosimo [17], che rappresentò nei suoi sogni, mediante metafora, la sequenza ordinata delle operazioni alchemiche. John Dastin, vissuto nella metà del XIV secolo, nella sua opera più famosa, la *Visione*, rappresenta i metalli e gli ingredienti impiegati nelle varie operazioni eseguite dall'alchimista in forma di figure umane: il re, la sua sposa, i suoi fratelli, le nove vergini e sua sorella, interpretano in stile teatrale una vicenda di nozze, di sacrificio e resurrezione [17].

La dinamica morte-resurrezione proposta da Lacinio, si incontra nel ciclo iconografico riportato nel *Libro della Santa Trinità*, composto nei primi decenni del XV secolo, dove Cristo, in virtù della sua duplice essenza umana e divina, è simboleggiato dal mercurio, considerato la base di tutti i metalli compreso l'oro. I quattro evangelisti, Matteo, Marco, Luca e Giovanni, rappresentano rispettivamente il rame, lo stagno, il ferro e il piombo, mentre la Vergine detta le varie fasi operative da eseguire nel laboratorio [12]. Anche nei testi trasmessi da Gratheus, nel XIV secolo, la passione di Cristo è paragonata al mercurio che nell'alambicco, dopo essere torturato a morte, risuscita grazie all'*opus alchemicum*. La rappresentazione della *morte-rinascita* dei metalli ricorre in un ciclo figurativo del *Rosarium Philosophorum*, opera molto diffusa nel XVI secolo, in cui si trova un Cristo-Lapis che risorge dal sepolcro.

Miniature di elementi alchemici, raffigurati in forma umana o animale, sono contenute nell'*Aurora Consurgens* del XIII-XV secolo, dove il mercurio è raffigu-

rato come un serpente, l'oro come il sole e l'argento come la Luna [16], mentre la pietra filosofale è simboleggiata da Cristo [8].

Il trattato continua con la parafrasi del manoscritto la *Pretiosa Margarita Novella* di Pietro Bono di cui Lacinio è il primo editore. Chiara Crisciani, curatrice nel 1976 dell'edizione del volgarizzamento *della Preziosa Margarita Novella* di Bono, afferma che il manoscritto patavino utilizzato da Lacinio è molto probabilmente andato perduto [4].

Lacinio mediante la divulgazione dell'opera di Bono ripropone la legittimità scientifica di una disciplina che era stata emarginata nel corso dei secoli dalla cultura ufficiale, non trovando mai posto nell'insegnamento universitario. L'alchimia è compresa nella filosofia naturale «*dal momento che essa tratta di enti reali uniti per il moto e la materia*»; ha la stessa struttura della medicina scolastica e ne presenta gli stessi livelli epistemologici quali teoria, pratica e operazioni tecniche che ne discendono [6]. È subalterna invece «*alla scienza dei corpi celesti e a quella dei minerali*». L'arte della lavorazione del vetro e la produzione di sali artificiali sono subordinati all'alchimia; un alchimista deve conoscere le vie della natura, ma gli scienziati naturali che non sono alchimisti non sono in grado di giudicare l'alchimia.

Bono, secondo lo stile della Scolastica, ripropone la validità dell'alchimia [5]. Egli è persuaso, infatti, che il percorso alchemico conduca alla comprensione dei misteri cristiani, da quello della Resurrezione dei corpi ai misteri dell'incarnazione di Cristo e della Trinità.

Secondo la definizione di Chiara Crisciani, l'alchimista proposto da Bono è prima di tutto uno scienziato che si distacca da posizioni acritiche e puramente magiche, linea dominante del pensiero medioevale, per innalzarsi al rango di sperimentatore razionale. L'alchimia in quanto «scienza», non giudica la natura, ma la rende oggetto di indagine, modificando e perfezionando ciò che la natura stessa ha lasciato di imperfetto.

Lo scopo del trattato di Lacinio consiste anche nel coniugare i presupposti teorici dell'Arte alla descrizione pratica della composizione e realizzazione della pietra filosofale.

A tal fine, presenta una collettanea di Arnaldo da Villanova, Raimondo Lullo, Alberto Magno, Michele Scoto e Rhasis, autori le cui opere sono riassunte quasi in forma di «manuale pratico» di alchimia per rimarcare come all'alchimia si accede col fare e con lo sporcarsi le mani in laboratorio, a volte rischiando la vita.

Raimondo Lullo è dai lui considerato uno dei massimi esponenti dell'alchimia di tutti i tempi. Nel saluto che porge al benevolo lettore Lacinio scrive: «*Accetta questo mio dono con una gioia proporzionata all'impegno che vi è stato profuso; guarda con benevolenza al pio e felice compilatore, e non aver timore di pregare gli dei per lui che ha compiuto un lavoro così grande. Mi raccomando di leggerlo giorno e notte; che se questa opera sarà bene accolta ho intenzione di riassumere la dottrina contenuta in tutti i libri del divino Raimondo Lullo*».

Lacinio, invece, non terrà fede a questo suo proposito nonostante la sua opera abbia suscitato un notevole interesse nell'ambiente culturale dell'epoca, unitamente ad un insolito successo editoriale già quando era ancora in vita.

Conclusioni

Lacinio nel suo trattato affronta i tre punti cardine su cui si basa l'alchimia: linguaggio allegorico, riflessione teorica e pratica di laboratorio.

La sua originale rappresentazione allegorica *morte-resurrezione* (trasmutazione) della materia [13] è rappresentata nelle 14 xilografie che raffigurano il re (la pietra filosofale) risuscitato con pieni poteri; la base teorica secondo lo stile eccessivamente prolisso della scolastica, è lungamente illustrata nell'opera di Pietro Bono. Espone le tecniche di laboratorio ed i processi che permettono la trasmutazione, rifuggendo da quel linguaggio enigmatico o spesso allegorico-esoterico che caratterizza anche le opere degli alchimisti da lui presi in esame. Penetra i segreti degli uomini addetti alla Grande Arte, espone con una semplicità disarmante i punti essenziali che accomunano Arnaldo da Villanova, Lullo, Arnaldo, Rhasis, Alberto e, in misura minore Scotto: lo spirito (essenzialmente di origine minerale ma anche vegetale o animale) è fondamentale per vivificare e modificare la natura dei metalli; i metalli devono essere separati nei loro quattro elementi terra, acqua, aria e fuoco, poi purificati, ricomposti e stabilizzati in maniera appropriata; la pietra ha essenzialmente il potere di trasformare il rame in argento e l'argento in oro; l'elisir ha il potere di sconfiggere le malattie e mantenere giovani.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Accattatis L., 1869-1877. *Le biografie degli uomini illustri delle Calabrie*, tip. Municipale, Cosenza, p. 178.
- [2] Aliquò Lenzi L., 1955. *Gli scrittori calabresi*. Corriere di Reggio, Reggio Calabria, Vol. II, p. 101.
- [3] Boeren P. C., 1975. *Codices Vossiani chymici*. Bibliotheek der Rijkuniversiteit, Leiden, pp. 83-90.
- [4] Crisciani C., 1976. *Preziosa Margarita Novella*. La Nuova Italia Editrice, Firenze, p. XLIX.
- [5] Crisciani C., *op. cit.* (rif. 4), pp. XXII-XXV.
- [6] Crisciani C., 2008. L'alchimia dal Medioevo al Rinascimento: scientia o ars? In: *Il Rinascimento Italiano e L'Europa* (Clericuzio A. e Ernst G.), Colla Ed., Vol. V, Le Scienze, p. 115.
- [7] De Jong H.M.E., 1988. Les symboles spirituel del l'alchimie. In: *Exposition a l'occasion du Festival International del l'Esoterisme*, 18-20 novembre 1988, Carcassone.
- [8] De Leo P., 2002. *Aurora consurgens di Tommaso d'Aquino*. Kemi, Milano.
- [9] De Vernon J.-M., 1686. *Tertii ordinis Sti Francisci Assisiatis annales perpetui in tres partes Tributi*. Pariis, p. 269.
- [10] Gabriele M., 1997. *Alchimia e Iconologia*. Forum, Udine, p. 97.
- [11] Gabriele M., *op. cit.* (rif. 10), pp. 97-98.

- [12] Gabriele M., *op. cit.* (rif. 10), p. 45.
- [13] Gabriele M., *op. cit.* (rif. 10), p. 104.
- [14] Lacinus I., 1546. *Pretiosa Margarita Novella de Thesauro, Ac Pretiosissimo Philosophorum Lapide*. Venetia, f. 6v.
- [15] Martellozzo Forin E., 1537. *Acta graduum academicorum Gymnasii Patavini: ab anno 1526 ad annum*.
- [16] Obrist B., 1982. Visualization in Medieval Alchemy. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 9, No. 2 (2003), pp. 131-170.
- [17] Pereira M., 2001. *Arcana sapienza l'alchimia dalle origini a Jung*. Carocci editore s.p.a., Roma, p. 179.
- [18] Pereira M., 2006. *Alchimia i testi della tradizione occidentale*. Arnoldo Mondadori editore, Milano, p. 689.
- [19] Russo F., 1982. *I francescani Minori Conventuali in Calabria, 1217-1982: sintesi storica*. Sillipo e Lucia, Catanzaro, p. 90.
- [20] Sartori A., 1983. Archivio Sartori. Documenti e Convento del Santo, Padova, p. 1281.
- [21] Sbaralea G.C., 1806. *Supplementum et castigatio ad scriptores trium Ordinum S. Francisci, ad Waddingo Aliisve Descriptos, Romae*. Ex typographia S. Michaelis Ad Ripam Apud Linum Contedini, p. 379.
- [22] Tafuri G.B., 1744. *Istoria degli scrittori nati nel Regno di Napoli*. Stamperia di Felice Carlo Mosca, Napoli, pp. 36-37.
- [23] Thorndike L., 1934. *A history of magic and experimental science*. Columbia University Press, New York, Vol. III, p. 151.
- [24] Vizza F., 2014. *Giano Lacinio Alchimista Francese del Cinquecento*. Reggio Calabria, Laruffa Editore.
- [25] Zavarrone A., 1753. *Bibliotheca Calabria, Sive illustrium virorum Calabriae qui literis claruerunt elenchus ad illustriss. et excellentiss. dom. Jacobum Salutium Cortolani ducem*. Ex typographia Johannis de Simone, Napoli, p. 83.
- [26] Zuppon G. P., 1050. Archivio di Stato Padova, Archivio Notarile, ff. 449-450v; cfr. 1044, f. 525.

LEONARDO ANATRINI*

Sulla permanenza della tematica del solvente universale nella speculativa alchemica francese di fine Ottocento

On the permanence of the universal solvent issue in the French alchemical forethought of the late 19th century

Summary – This essay will analyse an alchemical work of the late 19th century, the *Du vitriol philosophique et de sa préparation*. By its means I will try to demonstrate how the searching for the *universal solvents* – useful for the manipulation of matter – has far deeper roots of those which generally confine this enquiry to the alkahest issue and its pursuit during 17th and 18th centuries.

Riassunto – Attraverso lo studio di un'operetta alchemica risalente al tardo sec. XIX, il *Du vitriol philosophique et de sa préparation*, il presente contributo cerca di dimostrare come la ricerca di *solventi universali* atti alla manipolazione della materia abbia radici molto più profonde di quelle che generalmente la riducono alla tematica dell'alkahest e della sua ricerca fra i secc. XVII e XVIII.

Parole chiave: alchimia, alkahest, solvente, Tripied, van Helmont, Starkey

Introduzione

Sebbene sia possibile identificare con rara precisione la genesi del concetto di alkahest, o solvente universale, esso ha rivestito, sin dal suo esordio nell'opera di Paracelso (1493-1541), innumerevoli ruoli ed è stato al centro di una disperata ricerca e di una indimenticabile polemica che ha attraversato l'Europa dei secc. XVII e XVIII e la cui risonanza ha prodotto una vera e compiuta letteratura contigua alla storia delle scienze.

Contrariamente a quanto spesso si sarebbe ancora portati a credere, l'opera di Antoine Lavoisier (1743-1794) non pose fine né alla pratica dell'alchimia né alle ricer-

* Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università degli studi di Bologna.
E.mail: leonardo.anatrini@studio.unibo.it

che inerenti a tematiche affini come l'alcahest. Questo breve studio esaminerà alcune sezioni di un'opera alchemica di area francese risalente al 1896, la quale mostra ancora un vivo interesse nei confronti della ricerca di sostanze e preparati qualitativamente affini al solvente universale, seppur nell'oscurità del suo linguaggio – ormai lontano tanto dalla simbologia alchemica quanto dalla moderna scienza chimica –, nelle sue perversioni testuali e nei veri e propri fraintendimenti interpretativi.

Una doppia genesi

Per spiegare come il concetto di solvente universale sia più o meno felicemente approdato alla speculazione alchemica sarà necessario ricostruire brevemente la sua storia.

Il termine alcahest è ormai comunemente ritenuto una creazione di Paracelso, il quale sembra tuttavia servirsene, nelle sue numerose opere, una sola volta, all'interno di un trattato dedicato, fra l'altro, alle patologie che interessano gli organi interni, nel capitolo riguardante le malattie del fegato (*De viribus membrorum* II, 6) [6, I, 352].

Al di là delle possibili interpretazioni del passo, ad oggi non si è ancora concordi nello stabilire il senso stesso della parola alcahest. Paracelso era uso all'adozione di neologismi per indicare preparati medicinali di sua invenzione e questa «medicina epatica» non fa certamente eccezione. Le ipotesi più accreditate riconducono il termine o a una crasi, *alkali est*, «è un sale alkali» o a una latinizzazione dell'espressione tedesca *alle geist*, «tutto spirito» [8, 6].

Bisognerà aspettare circa un secolo per vedere l'alcahest diventare il solvente universale, con la sua sistemazione all'interno di una teoria della materia e di una prassi medica ben precise, grazie all'opera del medico fiammingo Jan Baptist van Helmont (1579-1644).

Ad ogni modo possiamo osservare, durante questo lungo iato, l'inserimento del termine paracelsiano in lessici alchemici, cominciando dagli *Onomastica* di Michael Schütz (meglio noto come Michael Toxites, 1523-1587), dove viene definito «mercurio preparato per il fegato» [11, 389], con probabile associazione [3, 315-316] effettuata dal Toxites fra il passo del *De viribus membrorum* e un'altra opera di Paracelso, il *De gradibus*, dove (IV, 7) viene fatta menzione di un «liquido mercuriale per la cura del fegato». Si tratta della prima volta in cui l'alcahest viene collegato al mercurio (Hg).

Si prosegue con il *Dictionarium Theophrasti Paracelsi* di Gerard Dorn (ca. 1530-1584), dove «l'alcahest è detto essere un mercurio preparato. Alcuni sostengono si tratti del tartaro; tuttavia l'idea dell'autore risulta facilmente comprensibile dalla descrizione della sua preparazione» [2, 14]. Infine abbiamo Martin Ruland il Giovane (1569-1611), che nel suo *Lexicon Alchemiae* fornisce due differenti dizioni del termine: un *alcahest* identico a quello di Dorn e un *alchabest*, definito «un mercurio preparato come rimedio per il fegato» [10, 26]. Da ciò osserviamo che l'oc-

correnza del termine nel suo contesto originario ineriva ad una pratica prettamente medica, estremamente lontana dall'alchimia.

Per quanto concerne il ruolo dell'alcahest nell'opera di van Helmont [8], possiamo solo sparsi riferimenti nei quali spesso egli lo nomina con altisonanti sinonimi (e.g. *ignis aqua, ignis gehennae, universale solvens*), dai contesti dei quali siamo in grado di identificare l'alcahest con una sostanza composta da corpuscoli finissimi, incorruttibile e in grado di dissolvere qualsiasi corpo tangibile nella propria materia prima, capace di disintegrare le impurità che causano le malattie, di conservarsi sia quantitativamente che qualitativamente inalterata e di essere *recuperata* dopo ogni operazione (vd. *De Febribus* XV, 23-26) [15, 58]. Dunque una sostanza in grado di purificare la materia con la quale entrava in contatto dividendola in minute particelle le quali tuttavia ne conservano le *qualità seminali* (*Progymnasma meteori*, 7) [14, 68].

Reiterando le dissoluzioni il soluto si sarebbe però scisso in corpuscoli sempre più minuti che avrebbero finito per perdere le specificità della sostanza originaria, risolvendosi in acqua. Idea, quest'ultima, mutuata dalla teoria dei *minima naturalia* di scolastica memoria, la quale sosteneva che sebbene infinitamente divisibile in potenza, oltre un certo stadio la materia sarebbe divenuta incapace di continuare a supportare la sua forma originaria [8, 8-9]. Come per Paracelso, l'alcahest di van Helmont continua ad essere un ritrovato chimico per scopi medici, ma teoricamente in grado di scindere ogni materia dei tre regni nelle sue più fini particelle, permettendone l'analisi e rivelandosi un validissimo alleato nella dimostrazione della teoria corpuscolare della materia adottata dal medico fiammingo.

Ed ecco stabilirsi il legame fra l'alcahest, ormai solvente universale, in grado di ridurre qualsiasi sostanza alla materia prima sua propria, e l'opera alchemica, la quale sin dal medioevo basava la sua prassi sull'ottenimento della *prima materia metallorum*, fase irrinunciabile e fondamentale della Grande Opera. Sarà tuttavia lecito un simile legame? La teoria che sottende alla plausibilità dell'alcahest di van Helmont è effettivamente conciliabile con la pratica alchemica? Tutti coloro che si occuparono dell'argomento all'indomani della pubblicazione dell'opera di van Helmont tentarono una risposta.

Una doppia interpretazione

Dalla seconda metà del '600 possiamo identificare due possibili interpretazioni del solvente universale date di volta in volta dai diversi autori che si occuparono dell'argomento (escludendo quanti non ritenevano l'alcahest che una chimera, la sublimazione fantastica delle teorie di van Helmont)¹: un primo gruppo riconosceva nella

¹ Il più famoso dei quali è certamente il chimico tedesco Johannes Kunckel (1630-1703) il quale, oltre a sostenere che un solvente universale non sarebbe potuto esistere poiché nessun recipiente sarebbe stato in grado di trattenerlo, con raro sarcasmo attribuiva al termine alcahest l'etimologia *alles Lügen heisset* o *alles Lügen ist*, «sono tutte fandonie».

sostanza un preparato chimico per scopi medico-farmaceutici; un secondo gruppo tendeva a mettere in rapporto questa *ignis aqua* con le sostanze che concorrevano allo svolgimento della Grande Opera, a volte identificandola con il Mercurio Filosofico, altre volte paragonandola a particolari stati della materia in precise fasi delle operazioni volte all'ottenimento della Pietra Filosofale [3, 325-344].

Per frustrare ulteriormente ogni tentativo di dirimere la polemica sarà opportuno ricordare che almeno in un altro passo dell'opera di van Helmont, oltre a quello precedentemente riportato, si parla di alkahest in un paragrafo dove il lessico impiegato risulta vistosamente alchemico (vd. *Ignota actio regiminis*, 11) [14, 334]. Parimenti in tre diversi *loci* dove si riscontrano riferimenti diretti alla pratica trasmutatoria, o anche semplicemente ad un lessico intrinsecamente pertinente, non viene mai citato il solvente universale [14, 671, 743, 793].

Ulteriori indizi dell'estraneità dell'alkahest alla pratica alchemica, soprattutto nel suo impiego pratico, li possiamo osservare negli scritti di colui che può essere considerato fra i più profondi e raffinati interpreti dell'opera di van Helmont, il medico e alchimista George Starkey (1628-1655). Egli dedicò all'alkahest considerevole spazio sia nelle opere mediche che in quelle alchemiche², anche se il contributo più esteso si registra nella *Pyrotechny asserted and illustrated*, nella quale dedica un intero capitolo alla spiegazione delle differenze che intercorrono fra mercurio filosofale e alkahest [12, 24-25].

Il nodo gordiano risiede a nostro parere nella supposta immutabilità dell'alkahest. Per Starkey se il Mercurio dei Filosofi si sarebbe dovuto unire permanentemente alla materia per permetterne una trasformazione che la *orientasse* verso il compimento della Grande Opera, il solvente universale doveva altresì conservarsi inalterato e separato dal soluto, poiché non avrebbe dovuto modificarlo, ma ridurlo, secondo van Helmont, alla materia prima sua propria, conservandone le qualità medicinali ma alterandone irrimediabilmente il legame fra i principi seminali.

In alchimia la capacità attribuita a particolari sostanze di *sciogliere* i corpi tangibili per restituirne la *materia prima*, la parte più sottile e pura, è un tema estremamente antico, forse il più antico di tutta questa disciplina pre-scientifica. Il problema risiede proprio nel particolare concetto di purezza attribuito alla materia, una specifica prettamente qualitativa e scientificamente inquantificabile e non analizzabile. In quella complessa *unio* che medicina, farmacologia e alchimia costituiscono sin dal medioevo si osserva un'ambigua doppiezza nel riferimento alla purezza attribuita a sostanze le più diverse fra loro. Esiste una purezza di tipo alchemico che prevede una riduzione delle sostanze alla loro *materia prima*, mondata dalle *fecce* e ricondotta ad una forma precedente quella della *cottura* operata dalla Natura, la quale conferisce a dette sostanze forma stabile e finita; questa prima idea

² Queste ultime ci sono giunte tutte sotto il *nom de plume* Eirenaeus Philalethes, «Pacifico amante della Verità».

di purezza si applica principalmente ai metalli. Esiste poi una diversa purezza, di tipo medico-farmacologico, la quale si riscontra in quelle sostanze che, una volta liberatesi dalle impurità, si prestano all'uso medico, in quanto costituite solo da parti pure che conservano esclusivamente qualità benefiche per l'uomo. A questa doppia purezza si accompagna una doppia, fluttuante nomenclatura: sebbene in alchimia si sia soliti indicare con *materia prima* i metalli trattati a scopo operativo, spesso per le sostanze dei tre regni, manipolate a scopi medici, gli autori di ogni tempo hanno utilizzato espressioni identiche o simili – nonché pratiche di laboratorio pressoché coincidenti –, per indicare sostanze ricondotte a purezza: dalla *quintessenza* medievale all'*ens primum* di Paracelso; questo aiutava solo parzialmente a denotare la diversità irriducibile che intercorreva fra le operazioni di tipo alchemico e quelle di tipo farmacologico. Con van Helmont questo andamento non cambia, poiché osserviamo l'impiego di termini ambigui come *vita prima* e *materia prima* per i prodotti confezionati con l'alkahest, il quale sembrerebbe conservare il suo originale campo di azione limitato ad operazioni finalizzate al reperimento di preparati medicinali, nonostante usi poco chiari del termine in ambito plausibilmente alchemico non manchino.

Vedremo ora come tale doppiezza si osservi ancora nel testo soggetto del nostro studio.

Solventi universali

Il *Du vitriol philosophique et de sa préparation*, giunto alla posterità sotto lo pseudonimo di *Tripied*, ancora oggi non meglio identificato, è opera ascrivibile al *milieu* esoterico parigino della fine del sec. XIX. Pubblicato nel 1896 da Lucien Mauchel (1876-1936), editore e martinista della prima ora presso il circolo di Papus (al secolo Gérard Encausse, 1865-1916), questo breve e denso opuscolo risente molto dell'ambiente nel quale l'autore ne approntò la composizione, la qual cosa si ravvisa nei riferimenti a personaggi vicini a Papus, propri dell'ambiente martinista, come il romanziere e alchimista – nonché supposto maestro di quest'ultimo – Louis Lucas (1813-1861). Tuttavia il debito più grande, soprattutto per la sua personale visione dell'alchimia, *Tripied* lo registra nei confronti di Albert Poisson (1868-1893), profondo conoscitore dell'Arte Sacra del tardo sec. XIX.

Il nostro si basa, per la composizione del *Du vitriol philosophique*, esclusivamente su fonti in lingua francese dei secc. XVI-XIX, con particolare riferimento ad opere dei corpora (pseudo-) lulliano e paracelsiano nelle edizioni francesi curate proprio da Albert Poisson e a testi alchimici e spagirici di Nicolas de Locques (sec. XVII) e Alexandre Le Crom (al secolo Francesco Maria Pompeo Colonna, 1646-1726). La dichiarata adozione di queste edizioni, senza ulteriori riferimenti ai testi nelle loro redazioni originali, oltre agli errori interpretativi di passi di autori come van Helmont stesso, ci portano a credere che il francese fosse l'unica lingua conosciuta dal *Tripied*.

Il suo scritto si occupa, come suggerisce il titolo, del reperimento del *vetriolo filosofico* a scopo alchemico, vale a dire al reperimento della *materia prima metallorum* come punto di partenza per la Grande Opera [13, 15]. Già dalle prime pagine dell'operetta notiamo quanto per l'autore fosse importante il concetto di *purezza* in alchimia:

Tout d'abord, il existe deux vitriols, ou plutôt le vitriol peut se présenter sous deux formes: le vitriol pur et le vitriol impur ou grossier [...].

Suivant lui [i.e. Paracelso], en toutes choses, il y a l'âme de cette chose qu'il appelle «l'Élément prédestiné». Cet élément prédestiné qui se compose, toujours d'après lui, de sel, soufre et mercure, est comme noyé et disséminé dans une masse formée de flegme et de terre morte ou damnée, et nous donne ainsi le corps tel que nous le voyons [...].

Tous les corps sont donc composés d'un principe pur et d'un autre impur [...] [13, 13-14].

Queste affermazioni seguono di poco un altro passo fondamentale, dove *Tripied*, in accordo con la tradizione, riconduce a un doppio concetto di *materia prima* e *purezza* sia la pratica alchemica finalizzata alle preparazioni medicinali (spagiria) che quella consacrata alla Grande Opera:

Pour ce qui regarde les végétaux et les animaux, il est facile à quiconque connaît l'art spagyrique, d'en tirer la quintessence [...], mais pour les minéraux, c'est une tout autre opération plus difficile et plus longue [13, 11-12].

Così tutti i corpi, per raggiungere lo stato di purezza, dovranno essere *retrogradati* per mezzo della propria *umidità radicale*, dissolti e separati da *flemma* e *terra morta*. Segue una serie di operazioni volte alla preparazione del *vetriolo marziale*, con il quale *Tripied* è in grado di confezionare un *mestruo fetido* (pseudo-) lulliano *more* in grado di *ridurre i metalli nella loro materia prima, vale a dire vetriolo filosofico*³ [13, 18-19].

È questo certamente un solvente universale, o meglio universalmente coincidente con l'opera alchemica. Poco dopo l'autore però condivide con il lettore informazioni circa l'esistenza di un *agente* (in realtà si tratta dell'ennesima ripresa di idee molto più antiche, di origine medievale, mutate da tutta la storia dell'alchimia), un'unica entità in grado di *mutare la materia completamente secondo la propria natura*. Siamo di fronte ad un lontano parente dell'*alkahest*, il quale rispetto a quest'ultimo possiede tuttavia una sostanziale differenza:

Le vinaigre [...] est en effet ce qu'on peut appeler le grand agent de l'alchimie; comme c'est un composé de soufre et de mercure, il s'insinue dans les corps des métaux, s'attache principalement à leur mercure et à leur soufre, et sous l'effet de la fermentation les ramollit en se changeant complètement en leur propre nature [13, 22-23].

³ Il riferimento agli ingredienti per la preparazione del *mestruo fetido* sembra in effetti provenire dall'ed. curata da A. Poisson della *Clavicula* (pseudo-) lulliana [7, 73].

Oltre a non poter attribuire a questo *vinaigre* le qualità conservative dell'alkahest, la differenza principale consiste nel fatto che qui si sta parlando di un'entità simbolica, non siamo di fronte ad una sostanza precisa, ma ad una serie di sostanze in grado di reagire con la materia in modi differenti. Nella pratica alchemica (pseudo-) lulliana l'*aceto* è l'agente in grado di ridurre i metalli alla propria *materia prima*, concettualmente legato allo *spiritus vini*, la *quintessenza*⁴ in grado di operare su sostanze dei tre regni per confezionarne preparati medicinali – a loro volta quintessenze –, manipolando la materia per renderla *pura*.

Il *Tripied* a questo punto dell'opera è in possesso di un *mestruo* in grado di operare indistintamente su qualsiasi metallo per riportarlo allo stato di purezza; la novità, nonché il legame che unisce questa opera alla storia del solvente universale, sta nel fatto che subito dopo aver parlato del suo *vinaigre*, l'autore cerca di applicare il concetto quantomeno al regno vegetale, attraverso una raffinata metafora, rimembra del linguaggio alchemico ma a sua volta fortemente influenzata dal lessico della *nuova* scienza chimica, universalizzando detto concetto, estendendolo dal regno minerale al mondo vegetale e animale [13, 23-24]. Segue nel testo una complessa serie di operazioni, volte all'ottenimento di un *sale* e di una sostanza oleosa chiamata *spirito di tartaro* [13, 24-26].

Ma perché, se già in possesso del segreto del Mercurio per la Grande Opera, il nostro avrebbe dovuto sforzarsi di ottenere quello che si sarebbe rivelato un succedaneo, per di più inutile per la Grande Opera, come più avanti chiarirà egli stesso?

La risposta, che non tarda ad arrivare, si basa sulla mendace interpretazione di un passo di van Helmont, e così, dopo le operazioni volte all'ottenimento dello *spirito di tartaro* leggiamo:

Puisque nous en sommes maintenant au sel de tartre, nous profiterons de l'occasion pour rappeler que ce sel a toujours été en grand honneur chez les anciens philosophes. Van-Helmont s'exprime ainsi à son sujet: «Si vous ne pouvez arriver à découvrir ce secret du feu, dit-il, en parlant du mercure philosophique, apprenez au moins à volatiliser le sel de tartre, afin de faire vos dissolutions par son moyen» [13, 27].

Il passo originale di van Helmont (*De Febribus*, XV, 26) recita:

Quod si autem ad istud ignis arcanum non pertingatis, discite saltem, salem tartari reddere volatilem, ut hujus medio vestras dissolutiones perficiatis [15, 58].

Ironia della sorte vuole che in questo passo van Helmont non si riferisca affatto al Mercurio dei Filosofi, come precisa *Tripied*, ma proprio all'alkahest. Forse

⁴ Nei testi pseudo-epigrafici attribuiti a Raimondo Lullo con *quintessenza* viene indicato un prodotto della distillazione del vino, tuttavia si riteneva possibile ottenere la *quintessenza* da sostanze di tutti e tre i regni, attraverso operazioni che includevano triturazione della sostanza scelta, putrefazione e successive distillazioni [9,24]. Da notare la somiglianza con quelle indicate dal *Tripied* per ottenere il *vetriolo filosofico*.

proprio in virtù di questo fraintendimento il nostro, spinto dalla curiosità tipica degli indagatori della natura, desiderò apprendere il segreto di una sostanza che il medico fiammingo indicava persino come sostitutivo del Mercurio dei Filosofi.

Così l'autore prosegue con le operazioni inerenti la preparazione del *sale di tartaro volatilizzato*, ed è qui che veniamo a contatto con la sua conoscenza dell'alkahest:

Volatiliser le sel de tartre, c'est bien facile à dire, mais comment s'y prendre?

J'ai trouvé, il y a quelque temps, à la librairie Chacornac un petit livre intitulé «Suite de l'Alkaest» du sieur Jean Lepelletier de Rouen, 1706 [...] «où l'on découvre la manière de volatiliser les alcalis, comme d'en préparer aussi des remèdes excellents, approchant de ceux que l'on peut préparer par l'alkaest» [13, 27].

La *Suite de l'Alkaest*⁵ [5] di Jean Le Pelletier (1633-1711), studioso di alchimia originario di Rouen, è fondamentalmente un'antologia di passi di opere di Starkey dedicate alla preparazione di *sali alkali*, succedanei dell'alkahest nelle operazioni di dissoluzione e nella preparazione di medicinali. In quanto *suite*, l'opera è difatti una prosecuzione de *L'Alkaest, ou le Dissolvant universel de Van-Helmont* [4], testo di impianto similare, dedicato prettamente all'alkahest così come concepito da Starkey. Dalla lettura dell'opuscolo del *Tripied* sembra tuttavia plausibile che il nostro non conoscesse la prima opera della serie, e dalla lettura della seconda può solamente aver intuito cosa l'alkahest potesse essere, giacché in essa non viene mai descritto dettagliatamente. Tuttavia viene a conoscenza di una sostanza in grado di sostituirlo per effettuare dissoluzioni, vale a dire il *sale di tartaro volatilizzato* [5, 53-54]. Stabilendo questo legame fra quanto scritto nell'opera di Le Pelletier e l'interpretazione del passo di van Helmont elaborata dal *Tripied*, quest'ultimo deve essersi convinto di cosa potesse essere l'alkahest, cioè una sostanza contemporaneamente in grado di ridurre qualsiasi corpo alla materia prima sua propria (a scopi farmaceutico-medicinali) nonché di fabbricare il Mercurio dei Filosofi⁶, per quanto non possiamo sapere se il nostro si fosse reso conto dell'impossibilità sia teorica che pratica di una tale sostanza, potenzialmente in grado di rispondere contemporaneamente a due diversi e inconciliabili concetti di *purezza*.

Alla fine della seconda serie di operazioni notiamo però un fatto curioso: riportando la preparazione del *sale di tartaro volatilizzato*, *Tripied* aggiunge in fine un'operazione ulteriore, con riferimento a un'altra opera alchemica, *Les rudimens*

⁵ L'Opera è più nota con il titolo della ristampa parigina, pubblicata il solito anno della *princeps*: *La Pyrotecnie de Starkey, ou l'art de volatiliser les alcalis, selon les préceptes de Vanbelmont, & la préparation des Remèdes Succédanées ou aprochans de ceux que l'on peut préparer par l'Alkaest*. Paris, chez Laurent d'Houry, rue saint Severin, vis à vis la rue Zacharie, au Saint-Esprit, 1706.

⁶ E questo è certo poiché nell'opera del Le Pelletier osserviamo nuovamente la stessa citazione dal *De Febribus* di van Helmont, ma questa volta correttamente interpretata (sebbene testualmente alterata): *Si vous ne pouvez pas atteindre à la préparation de l'Alkaest, aprenez, dit Van-Helmont, à volatiliser les Alcalis afin que par leur moyen, vous puissiez faire vos dissolutions* [5, 57].

de la philosophie naturelle di Nicolas de Locques [1, II, 57-59], nella quale il *sale*, un *corps fixe*, viene unito al suo *spirito*, una *humidité de sa propre nature*, creando – secondo le caratteristiche tipiche dell'alchimia (pseudo-) lulliana – una *quintessenza di tartaro*, cioè una sostanza teoricamente utilizzabile per effettuare dissoluzioni di ogni tipo [13, 29-30 e 5, 177-178].

Ancora una volta riscontriamo così il desiderio dell'autore di universalizzare il concetto di *aceto/solvente*, così da avere da un lato il *mestruo* per ricondurre i metalli alla *prima materia* e dall'altro una *quintessenza* per dissolvere qualsiasi sostanza, *medium* universale per preparazioni farmaceutico-medicinali, così come pensato da Starkey e Le Pelletier.

La validità della propria ipotesi doveva essersi manifestata al *Tripied* leggendo proprio la *Suite*, poiché, mentre all'inizio dell'opera si parla, come abbiamo visto, di un *sale di tartaro* come *correttivo di tutti i vegetali*, più avanti osserviamo l'impiego dello *spirito di alkali volatili* per isolare lo *zolfo* (principio seminale) da metalli quali oro e argento [5, 91-92].

È proprio questa *quintessenza di tartaro* a ricordare più da vicino l'alkahest così come teorizzato da Starkey (e plausibilmente già da van Helmont), ma qualunque potesse essere l'opinione del *Tripied* riguardo l'alkahest, egli è certo del fatto che il suo sostitutivo, indicato da van Helmont, per quanto eccezionale, non potesse sostituire né il Mercurio dei Filosofi né i *vetrioli* che si trovano alla base della preparazione del *mestruo*, come egli stesso afferma nella terza parte dell'operetta, nell'avviso preliminare ad operazioni alchemiche inerenti trasmutazioni [13, 38].

Conclusioni

Con questo breve resoconto ci siamo sforzati di mostrare come l'alkahest abbia radici più profonde di quanto si possa essere portati a pensare, ben radicate nella storia dell'alchimia e delle pratiche ad essa correlate, soprattutto in quanto parte della storia dell'analisi della materia attraverso la sua scomposizione e manipolazione. Lo studio di questo lungo percorso – che si può unitariamente identificare con il principio del *solve*, alla base di tutta la storia dell'alchimia occidentale –, il quale a nostro parere inizia con l'*acqua divina* della tradizione alchemica greco-alessandrina e raggiunge il punto più alto di sublimazione teorica con l'ipotesi dell'alkahest, è purtroppo reso tanto più arduo da un limite di ordine lessicale, che indichiamo con l'espressione *nomenclatura collettiva di tipo qualitativo*, il quale, insieme a numerosi altri problemi irrisolti⁷, ha impedito all'alchimia di assurgere al ruolo di scienza sperimentale modernamente intesa. Questo limite lessicale si

⁷ Su tutti l'impossibilità di ridurre una teoria qualitativa della materia a uno schema operativo quantitativamente inteso, indispensabile per qualsiasi disciplina scientifica e necessariamente esclusivo.

osserva dal momento in cui in alchimia sostanze e composti non si manifestano quasi mai in senso assoluto ma ricevono un'effettiva oggettivazione solo all'interno di una determinata operazione o di un processo specifico [e.g. il *vinaigre* del *Tripied*]. Approfondite ricerche su questi aspetti profondamente legati alla simbologia ermetica e al linguaggio pre-scientifico specifico dell'alchimia potrebbero, a parer nostro, aiutare a rischiarare il nebuloso percorso e l'evoluzione delle idee che si trovano alla base delle diverse teorie della materia soggiacenti l'alchimia tanto nella sua teoria quanto nella sua pratica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] De Locques N., 1665. *Les rudimens de la philosophie naturelle touchant le systeme du corps mixte*. 3 voll., Paris, chez Geoffroy Marcher, ruè S. Iacques, à la ville de Rome.
- [2] Dorn G., 1583. *Dictionarium Theophrasti Paracelsi, continens obscuriorum vocabulorum, quibus in suis Scriptis passim utitur, Definitiones*. Francoforti, s.n.
- [3] Joly B., 1996. *L'alkabest, dissolvant universel ou quand la thèorie rend pensable une pratique impossible*. «Revue d'histoire des sciences», IL, 2-3, 305-344.
- [4] Le Pelletier J., 1704. *L'Alkaest, ou le Dissolvant universel de Van-Helmont, révélé dans plusieurs traités qui en découvrent le secret*. Rouen, chez Guillaume Behourt.
- [5] Le Pelletier J., 1706. *Suite du traité de l'alkaest où l'on raporte plusieurs endroits des ouvrages de George Starkey qui découvrent la manière de volatiliser les alcalis et d'en préparer des remèdes succédanées ou aprouchans de ceux que l'on peut préparer par l'Alkaest*. Rouen, chez Guillaume Behourt.
- [6] Paracelsus P. T. A. B. von H., detto, 1658. *Opera omnia medico-chemico-chirurgica [...]*. 3 voll., Genevae, sumptibus Ioan. Antonij, & Samuelis De Tourines.
- [7] Poisson A., (a cura di), 1974. *Raymond Lulle. Clavicule*. Milano, Archè.
- [8] PORTO P. A., 2002. «*Summus atque felicissimus salium*»: the Medical Relevance of the *Liquor Alkabest*. «Bulletin of the history of Medicine», LXXVI, 1, 1-29.
- [9] Roxo-Beltran M. H., 2000. *Imagens de magia e de ciência: Entre o simbolismo e os diagramas da razão*. São Paulo, EDUC-FAPESP.
- [10] Ruland il Giovane M., 1612. *Lexicon alchemiae siue Dictionarium alchemisticum [...]*. [Francoforte], cura ac sumtibus Zachariae Palthenii, librarii ac D. in libera Francofurtensium Repub.
- [11] Schütz M., 1574. *Onomastica II [...]*. (Argentorati, per Bernhardum Iobinum).
- [12] Starkey G., 1658. *Pyrotechny asserted and illustrated, to be the surest and safest means for Arts Triumph over Natures Infirmities [...]*. London, printed by R. Daniel, for Samuel Thomson at the Whitehorse in S. Pauls Church-yard.
- [13] [Tripied], 1896. *Du virriol philosophique et de sa préparation*. Paris, Chamuel.
- [14] van Helmont J. B., 1648. *Ortus medicinae. Id est, initia physicae inaudita [...]*. Amsterodami, apud Ludovicum Elzevirium.
- [15] van Helmont J. B., 1648. *Opuscula medica inaudita [...]*. Amsterodami, apud Ludovicum Elzevirium.

MARCO TADDIA*

Scritti sulla guerra di Giulio Provenzal, chimico e storico della scienza

Writings about war by Giulio Provenzal, chemist and historian of science

Summary – In Italy, at the outbreak of the First World War (WW1), many intellectuals and artists took sides with the intervention against Central Powers, even those who first supported both internationalism and disarmament. Among them there was Giulio Provenzal (Livorno, 1872 - Roma, 1954), chemist, historian of science, activist and secretary of the National Freethought Association. The writings about war, showing the Provenzal's interventionist approach, are the main subject of this paper. However being Provenzal a minor figure in historiography of science it is worth remarking his biographical profile and remember his most significant contributions to the history of chemistry of which he was paladin.

Riassunto – Allo scoppio della prima guerra mondiale, gran parte degli intellettuali e artisti italiani si schierarono a favore dell'intervento contro gli Imperi Centrali, anche coloro che in precedenza erano per l'internazionalismo e il disarmo. Tra loro ci fu il chimico e storico della scienza Giulio Provenzal (Livorno, 1872 - Roma, 1954), attivista e segretario dell'Associazione Nazionale per il Libero Pensiero. Gli scritti sulla guerra, che dimostrano l'interventismo di Provenzal, costituiscono l'argomento principale di questo lavoro. Tuttavia, essendo Provenzal una figura minore nel panorama della storiografia della scienza internazionale si è ritenuto opportuno presentarne un profilo biografico e ricordarne i contributi più significativi alla storia della chimica di cui fu appassionato paladino.

Parole chiave: Prima Guerra Mondiale; Interventismo; Libero Pensiero; Storici della Chimica; Giulio Provenzal

Key words: First World War; Interventionist line; Free though; Historians of chemistry; Giulio Provenzal

* Università di Bologna, Dipartimento di Chimica «G. Ciamician», Via F. Selmi 2 - 40126 Bologna.

E-mail: marco.taddia@unibo.it

Il celebre verso di Giosuè Carducci «-tu sol-pensando-o ideal, sei vero» che chiude l'ode dedicata a Giuseppe Mazzini, datata 11 febbraio 1872 e inclusa in *Giambi ed Epòdi*, ha assunto con il tempo valore universale, trovando citazioni su fronti opposti che vanno dalla Massoneria alle Organizzazioni Cattoliche. Anche in occasione della Prima Guerra Mondiale ci fu chi vide nel celebre verso carducciano la stella polare del proprio cammino, che peraltro muoveva da ideali tristemente naufragati nel crogiolo della storia. Si parla di Giulio Provenzal (Livorno 1872 - Roma 1954) chimico, pubblicista e storico della chimica, il quale da fautore del disarmo e della fratellanza fra le Nazioni mutò radicalmente atteggiamento in favore dell'intervento armato dell'Italia nel primo conflitto mondiale, attribuendo alla guerra obiettivi di giustizia, libertà e progresso. Questi valori erano stati calpestati, a suo parere, dagli Imperi Centrali e pertanto la guerra sarebbe stata inevitabile. Gli scritti di Provenzal sulla guerra [6-7], da cui emerge il fervente impegno interventista e l'acceso irredentismo costituiscono l'argomento principale di questo articolo. Trattandosi tuttavia di una figura di secondo piano nel panorama della storiografia della scienza, si è ritenuto utile presentarne un profilo biografico e ricordarne i contributi da lui apportati alla storia della chimica. Da questo punto di vista i «Profili bio-bibliografici di chimici italiani: sec. XV.-sec. XIX» [10], restano una preziosa fonte di informazioni per chi si occupa di storia della chimica italiana, ma altri scritti non sono altrettanto conosciuti. L'oblio in cui era caduta la sua figura all'inizio degli anni '60, quando Coppadoro pubblicò «I chimici italiani e le loro associazioni» dedicandogli soltanto una fugace citazione [1], sorprende non poco perché, mentre era ancora in vita, in occasione del suo 75° compleanno, la rivista «Chimica» gli dedicò un intero fascicolo con un'ampia biografia a firma di Testi [15]. In campo italiano, e forse non solo, fu un evento più unico che raro, specialmente in considerazione del fatto che Provenzal, come chimico, non aveva realizzato granché ma si era concentrato soprattutto sulla ricerca storica e la divulgazione svolgendo, questo sì, un'attività pubblicistica che da noi ha pochi paragoni. La rivista «Chimica» era, all'epoca, diretta da Gino Testi (1892-1951), noto come autore di una «Storia della Chimica» (1940) [13] e di un «Dizionario di alchimia e chimica antiquaria» (1950) [14]. Scrivendo di Provenzal e della sua opera, Testi [15] non trascurava alcuni aspetti extra-scientifici dell'attività di Provenzal come, ad esempio, il suo attivismo patriottico nella «Dante Alighieri» e l'impegno nell'Associazione del Libero Pensiero. Gli scritti sulla guerra rimandano al credo filosofico e politico che ispirava gli obiettivi di questa Associazione e Provenzal si avvale dei suoi organi di stampa per diffonderli.

Cenni biografici

Le fonti principali per ricostruire le vicende umane e professionali di Giulio Provenzal sono due. Trattandosi di contributi di carattere celebrativo, come nel caso del primo [15], oppure commemorativo, come il secondo [2], non si può pre-

tendere quel distacco nei giudizi e nelle valutazioni che spetta allo storico. Del primo contributo, pubblicato in occasione del 75° compleanno di Provenzal si è già accennato all'inizio. Il secondo risale al 1955 e comparve un anno dopo la sua morte sul giornale *Chimica nell'industria, nell'agricoltura, nella biologia*, a firma di Luigi Longo (1900-1980) [2]. Era un periodico che aveva seguito le vicissitudini del Regime Fascista e negli anni '30 integrava il suddetto titolo con queste parole: *Chimica nell'industria ecc...nelle realizzazioni autarchiche e corporative: rivista mensile ufficiale per gli atti dell'Istituto italiano di storia della chimica*.

Giulio Provenzal nacque a Livorno il 14 giugno 1872. Tre anni dopo la famiglia si trasferì a Tunisi e fu in quella città che il giovane Provenzal compì i primi studi nel Collegio Italiano, li proseguì nel Liceo Francese e successivamente si trasferì ad Algeri per conseguire il baccellierato in Scienze. Tornato in Italia si iscrisse a Chimica Farmaceutica a Firenze, presso l'Istituto di Studi Superiori, dove ebbe come insegnanti anche Hugo Schiff (1834-1915), Augusto Piccini (1854-1905) ed Italo Giglioli (1852-1920). Ottenuto il diploma di farmacista nel 1894, ritornò prontamente a Tunisi prima di conseguire la laurea, sollecitato dalle voci che davano il governo tunisino intenzionato a proibire agli italiani l'apertura di nuove farmacie. Vi rimase per circa dieci anni esercitando la professione di farmacista secondo criteri moderni poi, dopo la morte del padre, rientrò in Italia e si iscrisse alla Facoltà di Scienze dell'Università di Roma per laurearsi in Chimica. Conseguì il titolo a pieni voti discutendo, con Cannizzaro e Paternò, una tesi sperimentale dal titolo «Sull'acido timotico e i suoi derivati» [4]. Dopo la laurea continuò ad esercitare con passione l'attività di pubblicitista già iniziata quando si trovava in Tunisia. Stabilitosi definitivamente in Italia, pur senza dimenticare la Tunisia [8], fu assunto prima all'Istituto Italiano di Agricoltura dove gli fu affidata la direzione del «Bollettino d'Informazioni Tecniche», poi al Consiglio Nazionale delle Ricerche dove diresse «La ricerca scientifica». Nel 1930 fondò, insieme a Raffaello Nasini (1854-1931) e al citato Gino Testi, l'Istituto Italiano di Storia della Chimica, di cui Nasini fu il primo Presidente. L'anno dopo, alla scomparsa di Nasini, Provenzal assunse la Presidenza. La mantenne fino al 1938 quando fu rimosso a causa delle leggi razziali, benché poco prima avesse organizzato, per desiderio del Duce, una mostra sui primati scientifici degli italiani [12]. Durante l'occupazione di Roma visse in clandestinità con la famiglia. Nel 1944 fu reintegrato negli incarichi. Morì a Roma il 14 giugno 1954, rimpianto come «un galantuomo e un grande patriota» [2].

Provenzal storico della chimica

Secondo Testi [15] è probabile che siano stati gli insegnamenti di Schiff e di Piccini ad ispirare rispettivamente, da un lato le indagini storico-filosofiche di Provenzal, dall'altro l'attitudine alla meticolosa osservazione dei fatti sperimentali. Cominciò a scrivere mentre si trovava ancora a Tunisi e di quegli anni è la nota sulla «La costituzione della materia» [3]. A Roma, mentre frequentava l'Università,

maturò il suo interesse per la storia della chimica, che l'accompagnò per tutta la vita e che coltivò con una dedizione incurante del disinteresse di molti. Anche oggi bisognerebbe fare altrettanto, visto l'atteggiamento che non pochi scienziati assumono, specialmente in privato, nei confronti di chi si dedica a questi studi. Per questo motivo, considerata l'attualità dell'argomento, vale la pena di riprendere un brano dell'articolo di Testi nel fascicolo a lui dedicato [15].

Forse una delle più grandi benemerenze di Giulio Provenzal è quello di non essersi mai scoraggiato della indifferenza o peggio ancora dell'ipocrita interessamento di tanti e soprattutto di non essersi nemmeno accorto dell'atteggiamento di taluni burocrati della chimica cui poco garba l'intelligente rimestamento di fatti, di teorie, di vecchi esperimenti falliti... La genesi di questa ostilità, per quanto da lui intuita, non l'ha mai interessato...¹.

Si può pensare che la tranquilla ostinazione di Provenzal nel sostenere il valore della storia della chimica abbia significativamente contribuito, tra luci e ombre, alla fortuna della disciplina in Italia negli anni '30 del secolo scorso. Se è pur vero che il Regime incoraggiò l'operazione per motivi in parte propagandistici, quegli studi produssero anche documenti interessanti. Nell'articolo sopracitato lo stesso Testi ricorda che negli Stati Uniti fu pubblicato «un primo volumetto annuale di comunicazioni e di studi di storia della chimica» soltanto nel 1948. Si trattava di «Chimya» ed era ben altra cosa rispetto ai sei volumi degli «Atti e memorie dell'Istituto di Storia della Chimica» iniziati proprio da Provenzal. Un altro fatto segnalato da Testi è il varo di un Decreto che nel 1942 dava il via, presso i Corsi di Laurea in Chimica e Farmacia, ai corsi complementari di Storia della Chimica e della Farmacia. Motivo di vanto per l'Italia era l'apprezzamento per i programmi d'insegnamento di queste materie che venivano tradotti anche all'estero. Purtroppo, in quegli anni, Provenzal era stato estromesso dall'insegnamento a causa delle leggi razziali e non fu incluso nell'elenco dei liberi docenti per «chiara fama». Era comunque evidente a molti che il Decreto del 1942 «coronava», se così si può dire, l'impegno pluriennale di Provenzal e pare che lui gioisse comunque del risultato. Ma che dire del già citato Istituto di Storia della Chimica? Della fondazione insieme a Nasini e Testi si è detto, occorre aggiungere che nel 1931, insieme ad Argeo Angiolani (1890-?), Provenzal diede vita alla rivista «La Chimica» che ne divenne l'organo ufficiale, seguita nel 1934 dai citati *Atti*. L'attività dell'Istituto merita uno studio completo e una recente donazione di documenti da parte di un privato all'autore di questo contributo, incoraggia a proseguire il lavoro e a trarne informazioni utili da pubblicare prossimamente.

Provenzal, pur essendo ebreo, condivise, fino a quando gli fu consentito, le scelte culturali del regime fascista e mise al servizio del Regime le sue competenze di storico della scienza. Lo testimoniano le due relazioni che tenne a Bologna alla

¹ [15] p. 279.

XXVII Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS) nel settembre del 1938, pochi giorni prima dell'entrata in vigore delle leggi razziali. Le due relazioni avevano per oggetto temi cari al Duce e ai suoi seguaci. La prima era una panoramica sulle realizzazioni degli italiani in campo scientifico [11] e la seconda riferiva di una mostra documentaria che lo stesso Provenzal, per volere superiore, aveva organizzato presso la sede del CNR.

L'elenco dettagliato degli scritti di Provenzal a carattere storico, compilato da Testi [15] e qui omesso per ragioni di spazio, comprende un numero considerevole di contributi. Gli scienziati verso cui rivolse la sua attenzione di storico appartenevano non solo al settore chimico ma anche a quello fisico e, più in generale, a quello delle scienze applicate. Ricordiamo: Cesare Bertagnini (1908), Stanislao Cannizzaro (1910), Leopoldo Pilla (1925), Raffaele Piria (1928), Macedonio Melloni (1928), Felice Fontana (1930), Raffaello Nasini (1930), Augusto Piccini (1930), Anton Mario Lorgna (1930), William Crookes (1932), Liberato Baccelli (1934), Enrico Fermi (1934), Antonio Pacinotti (1935), Emanuele Paternò (1935), Angelo Sala (1935), Guglielmo Marconi (1947). A questi studi vanno aggiunti quelli di tipo più generale come il «Contributo alla storia dell'Analisi Elementare Organica» (1908), «La realtà del mondo esterno e il concetto di Materia» (1909), «La trasmutazione degli elementi» (1910), «Sul concetto di atomo nella scienza moderna» (1933), «La fortuna delle rivendicazioni scientifiche italiane» (1933), «Di una bibliografia italiana di storia della scienza» (1943) e molti altri.

Il Libero Pensiero

Una breve ricostruzione storica della nascita del movimento denominato del «Libero Pensiero», da cui derivò anche l'Associazione Nazionale del Libero Pensiero della quale Provenzal fu prima il paladino [5] poi il Segretario Generale, è contenuta proprio nel testo citato [6], laddove è riportato una sorta di verbale «per esteso» di una riunione dell'Associazione, svoltasi a Roma il 4 luglio 1916². La riunione, parole di Provenzal, intendeva «riaffermare solennemente i sentimenti che agitano la coscienza dei liberi pensatori italiani in queste epiche giornate». In quell'occasione erano presenti anche autorevoli esponenti stranieri del movimento. Il belga On. George Lorand (1860-1918) ricordò che l'idea di dar corpo a un'organizzazione era nata in Belgio, in occasione dei funerali del triumviro romano Carlo Armellini (1777-1863), morto nei pressi di Bruxelles e al quale gli amici volevano assicurare un funerale dignitoso in assenza di quello religioso. Nel 1863 si costituì la «Société de la Libre Pensée» da cui sorsero Società in altri Paesi e furono promossi congressi tra i quali, uno dei più grandiosi, si svolse a Roma nel 1904. In altro passo, quello dedicato a Pier Giovanni Camboni, Tesoriere dell'Associazione,

² [6], p. 91.

morto in Trentino il 16 giugno 1916 e premiato con la medaglia al valore, Provenzal spiega perché nacque l'Associazione. In precedenza, sia lui che Camboni, erano entrambi soci della «Giordano Bruno». C'era la necessità tattica di «separare l'opera della Società nostra da quella di un'Associazione Nazione che dovesse agire più che sulle forze attive della politica, su quelle direttive della filosofia».

La guerra

Il volumetto «Il libero pensiero e la guerra» [6] contiene sedici contributi, dodici dei quali sono di Provenzal. Gli altri sono firmati da Carlo (Charles Robert) Richet, Arnaldo Cervesato, Italo Giglioli e Giuseppe Sergi. Legati in maniera più specifica al tema della guerra sono quelli di Richet, Giglioli e Sergi. Il medico e fisiologo Carlo Richet (Parigi, 1850-1935), scopritore dell'anafilassi vinse il Premio Nobel 1913. Tenne una conferenza a Roma il 15 ottobre 1914 per iniziativa dell'Associazione del Libero Pensiero qui riportata. In presenza di un uditorio che comprendeva scienziati e politici come Giulio Fano, Federigo Enriquez, Vito Volterra, Giovanni Agnelli e Leonida Bissolati, Richet parlò sul tema «Civiltà germanica e civiltà europea»³. Attribuì all'Austria e alla Germania l'esclusiva responsabilità dello scatenamento della guerra e pur dichiarandosi un ardente apostolo del pacifismo disse che esso non aveva ragion d'essere se non era basato sul diritto. Se alla pace si doveva unire la schiavitù, Richet preferiva la guerra. Da segnalare anche il contributo del chimico Italo Giglioli (Genova, 1852 - Pisa, 1920), che fu professore di chimica agraria a Portici e Pisa. Pronosticando la sconfitta tedesca egli si chiede, in maniera quasi accorata, perché nella Patria dei grandi pensatori e sperimentatori, nel Paese della Riforma e della riscossa antinapoleonica, fra il popolo più istruito e industrioso d'Europa, abbia prevalso un'imperiosa ed esclusiva causa militare che l'aveva portato alla guerra. La risposta non c'è e così non resta che aspettare per arrivare «al giusto giorno in cui tuonerà il tuono e scenderà la folgore», come cantava Heine⁴. L'intervento dell'antropologo Giuseppe Sergi (Messina, 1841 - Roma, 1936) riguarda «Cultura e civiltà»⁵. Egli si sforza di dimostrare che cultura non significa necessariamente civiltà e che la prima può servire le opere di civiltà ma può aumentare anche le conseguenze nefaste della barbarie. Cita a questo proposito anche la chimica, «scienza potentissima che tenta di penetrare nell'intima costituzione della materia», capace di collaborare alla soluzione di tanti problemi ma anche di procurare al nemico la morte più barbara. Per Sergi la guerra è «il più grande disastro ai danni dell'umanità» e la civiltà avrà raggiunto il suo fine ultimo quando si riuscirà ad evitarla.

³ [6] p. 33.

⁴ *Ibid.* p. 56.

⁵ *Ibid.* p. 66.

Fra i contributi che Provenzal scrisse di suo pugno interessano: il primo «Chi siamo e cosa vogliamo»⁶, il secondo «Poche e libere parole»⁷, il quarto «Ai 93 intellettuali tedeschi»⁸, il decimo «Una circolare programma»⁹, il tredicesimo «Un'assemblea di affermazione»¹⁰ e l'ultimo «Guerra di libertà»¹¹. Provenzal osserva che in tutti i paesi le redini del potere sono cadute in mano dei «zelatori delle dottrine egoiste». Gli egoismi «feroci e ignoranti» sono ora in conflitto tra di loro e «carneficina è di quelle che la storia non ricorda». Essi lottano per l'imperialismo e l'egemonia della ricchezza e mentre combattono sui campi di battaglia si discutono le sorti delle nazioni e si prepara il dominio delle une sulle altre. Questa situazione così grave impone di riaffermare la dottrina che «punta audace verso lo Zenith» richiamato dal verso carducciano ricordato all'inizio. È, quella del libero pensiero, dottrina «semplice e sana» che poggiando sul «solito terreno della realtà» vuole una umanità fatta di uomini liberi. Ma di quale metodo si avvale? È un metodo che non insegna a raggiungere l'ideale ma solo a perseguirlo faticosamente. Risale alle origini del pensiero scientifico e i suoi padri sono Bacone, Leonardo e Galileo, mentre il campo di applicazione sono i fatti sociali ai fini di comprenderne la dinamica e trarne gli insegnamenti del caso.

Nel contributo intitolato «Poche e libere parole» (30 settembre 1914) vi è una specie di inno alla scienza «opera collettiva di tutti gli uomini della terra» che mai si è interrotta e mai potrà interrompersi. Quando trionfa la violenza e si scatena la tempesta bisogna salvare la fiaccola che illumina le tenebre dell'ignoranza. Descrivendo la situazione belga, Provenzal riferisce che Ernest Solvay (1838-1922) è stato preso come ostaggio di guerra ma pur condannando implicitamente il fatto vuole evitare generalizzazioni e così cita i grandi «vecchi» tedeschi come Ernst Haeckel (1834-1919), Wilhelm Ostwald (1853-1932) e Emil Fisher (1852-1919). L'internazionalismo della scienza è un lavoro che al momento si deve interrompere ma non è consentito proclamarne il fallimento. A fronte di questo, di ben altro tono è la risposta al Manifesto che 93 intellettuali tedeschi pubblicarono il 4 ottobre 1914. Scrive Provenzal: «Quando uomini come voi firmano un foglio di menzogna e si sentono solidali di un governo assassino, spergiuro e barbaro, un dilemma orribile si pone alla nostra coscienza: la viltà o la complicità guida il vostro gesto... se la nostra intelligenza ci vieta di cancellarvi dal novero degli uomini eminenti per scienza, essa ci ordina di escludervi dalla lista dei galantuomini... alla nostra venerazione si sostituisce il disprezzo...». Si noti che «Poche e libere parole» fu scritto il 30 settembre e che il manifesto, comprendente le firme di Ostwald e Fisher fu

⁶ [6], p. 7.

⁷ *Ibid.* p. 24.

⁸ *Ibid.* p. 31.

⁹ *Ibid.* p. 63.

¹⁰ *Ibid.* p. 91.

¹¹ *Ibid.* p. 130.

pubblicato quattro giorni dopo. Possiamo immaginare quale fu l'amarezza con cui Provenzal lo accolse.

L'assemblea di affermazione di cui parla il tredicesimo capitolo si tenne a Roma il 4 luglio 1916. In quell'occasione Provenzal disse: «Oggi noi non pensiamo che alla vittoria delle armi alleate contro la prepotenza germanica. Oggi noi vogliamo liberi i nostri fratelli del Trentino, dell'Istria e della Dalmazia. Oggi noi vogliamo la resurrezione e l'apoteosi dell'eroico Belgio. Oggi noi aspettiamo che la Polonia e la Serbia siano ricostituite a nazione; che l'Alsazia e la Lorena siano rese alla Francia; che l'Armenia getti a terra il giogo infame del sultano... Vorremmo il popolo tedesco liberato da quella turba di malfattori che lo trascinato al disonore».

Il libro si chiude con un contributo intitolato «Il Papato e il congresso per la pace» con il quale si dà notizia di una circolare della *Rationalist Press Association* che richiamava l'attenzione dei liberi pensatori delle nazioni alleate sull'urgenza di attivare una campagna di propaganda atta a prevenire l'intervento del Papato al congresso per la pace. Accanto ad un rispettoso riconoscimento al cardinale belga Désiré-Félicien-François-Joseph Mercier (1851-1926) sostenitore della Resistenza del suo popolo, vi è un atto d'accusa contro la «Chiesa Stato» che tenta di sedere al tavolo della pace. Provenzal manda l'adesione dei liberi pensatori italiani agli obiettivi della circolare auspicando che la stessa cosa facciano gli altri Alleati.

Anche il quarto numero di «Liberi Pensieri», interamente a firma Provenzal e intitolato «Il delitto del 1° agosto 1914» [7], ovvero il giorno in cui la Germania dichiarò guerra alla Russia, è una chiara testimonianza della presa di posizione interventista, assunta dopo che erano crollate le illusioni per la costruzione di un mondo di pace e di collaborazione tra le Nazioni. La delusione di Provenzal traspare da diverse espressioni: «credevamo di aver logicamente ragione» oppure «noi avevamo sperato» e ancora «noi avevamo inneggiato alla Internazionale» ed «era logico pensare». Anche Provenzal era tra coloro che avevano inneggiato alla Internazionale dei lavoratori sperando, tra l'altro, che uno sciopero generale, proclamato al disopra delle frontiere, sarebbe stato in grado di imporre la pace sconfiggendo «l'avidità cannibalesca delle classi dirigenti». Purtroppo anche gli operai e i loro «pastori» erano stati addestrati all'egoismo di classe e non avevano reagito. Anche la scienza, le banche, le industrie e il commercio non si erano rivelate all'altezza del compito e forze internazionali mosse dall'impegno per il bene comune. Fu necessario, per Provenzal e per tanti altri, prendere atto della cruda realtà, ossia che il mondo sognato era solo un'utopia e agire di conseguenza. Il contributo contiene anche una ricostruzione storica delle vicende che avevano condotto alla guerra. Prendendo le mosse dalla battaglia di Sadowa che vide la Prussia prevalere sull'Austria, Provenzal ripercorre le vicende dell'Impero Asburgico. Il programma di consolidamento della monarchia viennese, lungamente preparato e voluto dell'arciduca Ferdinando¹² fu troncato dalla rivoltella di un serbo. Esamina poi la

¹² Francesco Ferdinando d'Amburgo-Este (1863-1914).

posizione dell'Impero Russo costituito, come quello Austro-Ungarico da un agglomerato esteso di popoli diversi. La Russia aveva steso la sua mano protettrice sulla Serbia, minacciata dall'Impero Austro-Ungarico ma ecco che Guglielmo di Hohenzollern, «coltivando la pace e minacciando la guerra», impose alla Russia di lasciar perdere la difesa della Serbia, pena la punizione tedesca.

Provenzal spiega anche come si deteriorarono i rapporti della Francia e dell'Inghilterra con la Germania. Un cumulo di egoismi, odi e prepotenze che esplose con la dichiarazione di guerra alla Russia dell'agosto 1914. Era un risveglio amaro e, scrive Provenzal, «purtroppo oggi l'esperienza ci chiama a correggere i nostri ragionamenti, a rivedere le basi sulle quali posavano, a rifare i conti con la realtà e con la logica». La data del 1° agosto 1914 resterà per sempre maledetta negli Annali della Storia. Dirà la storia... delle responsabilità d'una simile sciagura; noi oggi non possiamo non farne risalire l'immediata colpa agli Imperi Centrali»¹³.

Con questa convinzione in mente, gli interventisti sostennero con impeto l'ingresso in guerra. Chissà se prevedevano il numero spaventoso di vittime e la mole impressionante di rovine che essa provocò, senza contare i feriti e tutto il resto? Qualcuno di loro, alla fine, forse si pentì e fu costretto a correggere i propri ragionamenti, come talvolta accade ancor oggi a politici, militari e uomini di cultura.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Coppadoro A., 1961. *I chimici italiani e le loro associazioni*, Editrice di Chimica, Milano, p. 67.
- [2] Longo L., 1955. In memoria di Giulio Provenzal, *Chimica nell'industria, nell'agricoltura, nella biologia*, 10(5), 203.
- [3] Provenzal G., 1903. *Sulla costituzione della materia*, Tip. Finzi, Tunis.
- [4] Provenzal G., 1908. Sulla preparazione dell'acido timotico e del timotide, *Rend. Soc. Chim. Ital.*, Roma.
- [5] Provenzal G., 1914. *Riorganizziamo il libero pensiero*, Libreria editrice dell'acacia, Roma.
- [6] Provenzal G. 1917. *Il libero pensiero e la guerra*, L'Agave, Roma.
- [7] Provenzal G., 1917. *Il delitto del 1° agosto 1914*, L'Agave, Roma.
- [8] Provenzal G.C., 1922. *Il problema tunisino nei rapporti franco-italiani*, L'Agave, 1922.
- [9] Provenzal G. (a cura di), 1928. Cesare Bertagnini (1827-1857), Vita Opere e Carteggio Inedito, Istituto Nazionale Medico Farmaceutico Sersono, Roma.
- [10] Provenzal G., (s.d. 1938?) *Profili bio-bibliografici di chimici italiani sec XV-XIX*, s.d., Istituto Sersono, Roma.
- [11] Provenzal G., 1939, Il primato scientifico degli italiani in Silla L. (a cura di), Atti della XXVII Riunione Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS), vol. 3, fasc. 3, SIPS, Roma, p. 578.
- [12] Provenzal G., 1939. Il documentario dei primati scientifici e tecnici italiani, in Silla L. (a cura di), Atti della XXVII Riunione Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS), vol. 3, fasc. 3, SIPS, Roma, p. 587.

¹³ [6] p. 7.

- [13] Testi G., 1940. *Storia della chimica con particolare riguardo all'opera degli italiani*, Edizioni Mediterranee, Roma.
- [14] Testi G., 1942. *Dizionario di Alchimia e di Chimica Antiquaria, Paracelso*, Edizioni Mediterranee, Roma.
- [15] Testi G., 1948. Giulio Provenzal e la sua opera, *Chimica, rivista mensile per la diffusione della cultura chimica*, 1948, 3(8-9), 277.

Chimica e Grande Guerra

GIORGIO SECCIA*

La Grande Guerra e la chimica come arma

The Great War and chemistry as weapon

Summary – The use of a variety of chemical materials – chlorine, phosgene, dichloroethyl sulphide (commonly called yperite or mustard gas), etc. – in the forms of cloud discharged from cylinders or as the filling of bombs and shells was a major event in the history of military technology, but at the same time has turned cruel symbol of First World War. This work illustrates the role of scientists, chemicals, tactics and anti gas protections.

Riassunto – L'uso di una varietà di sostanze chimiche – cloro, fosgene, solfuro di dicloroetile (comunemente chiamato iprite o mustard gas), etc., – come nubi scaricate da bombole o caricate in proiettili e granate è stato l'evento più importante nella storia della tecnologia militare, ma al tempo stesso è divenuto il simbolo crudele della Prima Guerra Mondiale. Questo lavoro illustra il ruolo avuto da scienziati, le sostanze chimiche impiegate, le tattiche e le protezioni antigas.

La chimica alla vigilia della guerra

La Grande Guerra è stato il primo conflitto nel quale la scienza e la tecnica hanno giocato un ruolo determinante. Accanto a tutta una serie di nuovi armamenti, mitragliatrici, lanciafiamme, artiglierie di grosso calibro, carri armati, aerei e sommergibili vennero impiegate, in modo continuo e generalizzato da tutti i belligeranti, sostanze chimiche di elevata tossicità. La comparsa della chimica nello scenario bellico, il segno più visibile della «tecnicizzazione» e della «industrializzazione» della guerra, non fu affatto casuale.

Nei primi anni del XX secolo la chimica, scienza giovane e molto vitale, aveva già conseguito brillanti risultati, aperto scenari avveniristici in tutti i settori delle attività umane e fatto sperare in un'epoca di prosperità e benessere in virtù delle sostanze e dei materiali che suo tramite era possibile realizzare.

* Società Italiana di Storia Militare. E.mail: giorgio_seccia@tin.it

Per raccogliere i frutti di tanta attività inventiva, che ebbe un ruolo importante nella trasformazione delle società del tempo, vennero fondate molte compagnie e realizzati grandi complessi industriali. Particolarmente significativa fu la crescita scientifica e industriale che si ebbe in Germania. Agli inizi del '900 la produzione su larga scala dei coloranti di sintesi, all'epoca una delle serie di composti più richiesta ed economicamente redditizia, era concentrata in sei industrie: la Badische Anilin und Soda Fabrik, meglio conosciuta come BASF, a Ludwigshafen sul Reno; la Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer, & Co., meglio conosciuta come Bayer, a Leverkusen; la Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, meglio conosciuta come AGFA, a Berlino; la Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning, meglio conosciuta come Höchst, in Höchst am Main; la Leopold Cassella G.m.b.H. a Francoforte; la Kalle & Co., Aktien-Gesellschaft a Biebrich.

Solamente altre due potevano essere paragonate a queste, la Chemische Fabrik Greisheim-Elektron di Francoforte, una compagnia che aveva assorbito una serie di altre piccole ditte e la Chemische Fabriken vormals Weiler-ter Meer di Uerdingen.

La crescita di queste industrie nel corso di mezzo secolo era stata smisurata. La Höchst aveva iniziato la sua attività nel 1863 con cinque lavoratori, nel 1912 ne aveva quasi ottomila; la BASF che nel 1865 contava su un solo edificio coperto, nel 1914 disponeva di edifici coperti per complessivi 4 ettari e 11.000 lavoratori; le stesse proporzioni di sviluppo valevano per la Bayer. A partire dal 1904, all'interno dell'industria chimica tedesca, si formarono due grosse concentrazioni industriali. Una comprendeva la Bayer, la BASF e la AGFA, l'altra la Höchst, la Cassella e la Kalle. I gruppi, per minimizzare i possibili rischi dovuti alla enorme espansione commerciale, misero in comune i profitti e i brevetti, e favorirono la circolazione dei capitali fra le compagnie di uno stesso gruppo. La tendenza centripeta non si fermò qui, ma anzi con la guerra si ebbe una accelerazione che nel 1916 sfociò nell'unione fra loro dei due gruppi, cui si aggiunsero, subito dopo, anche la Greisheim-Elektron e la Weiler Meer [10]. È di tutta evidenza quindi che, nel 1914, l'industria chimica tedesca fosse di gran lunga più importante di quelle francesi e britanniche messe assieme e il fatto che il primo atto di guerra chimica venne compiuto dall'esercito tedesco, il 22 aprile 1915, ne fu una naturale conseguenza.

Il primo atto

Peraltro l'idea di impiegare la chimica in operazioni belliche era vecchia di un trentennio. Nel 1887 Adolf von Baeyer, Premio Nobel nel 1905, nel corso di una conferenza presso l'Università di Monaco aveva sostenuto come concreta la possibilità di un impiego militare di sostanze lacrimogene al fine di scacciare gli avversari da posizioni fortemente difese e quindi difficilmente conquistabili con armi tradizionali [3]. L'idea lanciata da Baeyer continuò a circolare negli ambiti scientifici europei, ma senza trovare una occasione che ne sollecitasse l'esigenza e neppure gli uomini in grado di metterla in pratica.



Fig. 1. Predisposizione delle bombole di cloro all'interno di una trincea tedesca. Le bombole venivano interrate in controscarpa e coperte con sacchetti di terra; un tubo di rame le connetteva al parapetto.

L'occasione sopraggiunse con il conflitto mondiale e il professor Fritz Jacob Haber, all'epoca già eminente figura di scienziato, direttore del Kaiser Wilhelm Institut e Premio Nobel nel 1919, l'uomo che la raccolse, la sviluppò e la portò a compimento sul campo di battaglia. Egli colse i due problemi fondamentali per un impiego della chimica a fini militari, la tossicità della sostanza da utilizzare e il modo per diffonderla nel settore del fronte occupato dagli avversari.

Haber riuscì a fornire soluzione ad entrambe le esigenze. Da un lato ritenne conveniente e vantaggioso sfruttare le enormi quantità di sottoprodotti altamente tossici resi disponibili dalla industria chimica, ed in particolare del cloro, una sostanza che nell'ambito dei vari processi industriali, già prima del conflitto, veniva prodotta al ritmo di quaranta tonnellate giornaliere. Dall'altro giudicò la forza propulsiva del vento la più confacente per inviare il gas dalle posizioni tedesche verso quelle nemiche. Essendo più pesante dell'aria, il cloro avrebbe formato una nube

che, spinta dal vento, sarebbe avanzata verso l'obiettivo pur restando a contatto del suolo. Grazie alla sua volatilità, inoltre, il cloro possedeva la caratteristica, conveniente dal punto di vista militare, di non persistere per molto tempo sul campo di battaglia, rendendo in tal modo possibile l'avanzata delle fanterie subito dietro le nubi. Haber suggerì anche di utilizzare, come sistema di diffusione, bombole commerciali di grande capacità, così da poter emettere le centinaia di tonnellate di cloro necessarie, in un ristretto lasso di tempo. Ciò ebbe luogo appunto il 22 aprile 1915, quando l'esercito tedesco lanciò un attacco nel settore di Ypres, tra i villaggi di Langemark e Bixschoote.

Una guerra nella guerra

La guerra chimica, proprio per la sua caratteristica di originalità e imprevedibilità ed in quanto il prodotto di una scienza dalle prospettive entusiasmanti, suscitò una viva attenzione fin dal suo primo impiego. L'interesse scientifico volto alla ricerca di nuove sostanze aggressive e di apparati in grado di neutralizzarne gli effetti, si accompagnò a quello finalizzato ad individuare appropriati ed affidabili mezzi di diffusione e allo studio di tattiche militari che ne potessero sfruttare appieno i vantaggi. Si sviluppò così, fra le comunità tecnico-scientifiche delle nazioni in lotta, una guerra nella guerra, avente per obiettivo quello di sopravanzarsi sul piano delle conoscenze chimiche ed ingegneristiche [13].

La storia della guerra chimica fu quindi una successione di tentativi più o meno disordinati dei belligeranti di sorprendere l'avversario, nello stesso tempo, con mezzi offensivi e difensivi, suscettibili di giovare di ogni miglioramento. Fu una corsa all'invenzione.

Una guerra, quindi, condotta sui banchi da laboratorio, da chimici che dovevano, giorno dopo giorno, non solo garantire la protezione dei combattenti contro tutte le innovazioni che l'avversario metteva in campo, ma allo stesso tempo assicurare la messa a punto notevolmente complessa di quello che, senza dubbio, fu il primo «sistema d'arma» della storia militare, espressione con cui si intende un insieme costituito da un'arma, l'agente chimico nello specifico, e i mezzi tecnici associati che ne permettono la messa in campo, il vettore o la modalità di diffusione dell'agente chimico.

Nel corso del conflitto vennero studiati, valutati, confrontati e verificati gli effetti fisiologici di circa cinquemila sostanze chimiche di possibile impiego bellico ed è curioso osservare che per la specifica esigenza non venne sintetizzata alcuna nuova sostanza e quindi nessuna molecola, fino a quel momento ignota, comparve sul campo di battaglia.

Un agente chimico utilizzabile come arma doveva soddisfare alcune determinate caratteristiche:

- possedere capacità aggressiva elevata ed essere in grado di agire sull'uomo e sugli animali per inalazione, ingestione o assorbimento cutaneo;

- essere in grado di svolgere azione immediata e duratura;
- possedere volatilità e persistenza adeguate alle finalità di impiego, stabilità alla conservazione, all'azione degli agenti atmosferici e alle condizioni di impiego (calore, scoppio ecc.);
- possedere idoneità chimico-fisica alla disseminazione o diffusione;
- essere difficilmente percepibile e identificabile prima dell'inizio dell'azione;
- possedere buone capacità di penetrazione attraverso materiali, indumenti, pelle, ecc.;
- poter essere prodotto a basso costo.

Fra tutte quelle studiate solo una cinquantina, da sole o in miscela, furono usate in combattimento, ma solamente una dozzina conseguirono i risultati che i militari speravano. Quel 22 aprile 1915 fu il cloro la prima sostanza chimica ad essere impiegata per fini bellici, e successivamente citiamo, fra le più rappresentative, il fosgene altro potente asfissiante nel 1916; l'anno seguente è la volta del solfuro di etile biclorurato più noto come iprite o mustard gas, un vescicante divenuto simbolo emblematico della guerra chimica, ma, a dire il vero, anche tra le sostanze che hanno provocato meno vittime; alla fine dello stesso anno debuttano nella scena bellica le arsine, prima le alifatiche poi le aromatiche, dalle elevate proprietà tossiche e irritanti e soprattutto con la capacità di penetrare attraverso i sistemi di protezione allora conosciuti e utilizzati; nel 1918, il difosgene, un triclorometil cloro formiato, altro asfissiante ad alta tossicità.

Non è facile classificare gli agenti chimici impiegati in una univoca suddivisione date le molteplici caratteristiche che li contraddistinguono, la natura chimica, le proprietà chimico-fisiche, l'azione fisiopatologica. La classificazione più appropriata è verosimilmente quella proposta in anni recenti dallo Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) basata sul criterio dell'impiego tattico delle sostanze aggressive [17].

Le sostanze chimiche che furono utilizzate durante la Prima Guerra mondiale possono essere ripartite in due gruppi, gli agenti incapacitanti e gli agenti letali. Un agente incapacitante è una sostanza di cui la concentrazione operativa, cioè quella che era possibile ottenere su di un tratto di fronte, era in grado di provocare una incapacità al combattimento temporanea e reversibile durante un periodo che, in generale, non eccedeva la durata di esposizione all'agente. Un agente letale può essere definito come una sostanza chimica di cui la concentrazione operativa era in grado di provocare gravi lesioni o la morte di tutti coloro che ne subivano l'esposizione.

I combattenti dei vari fronti, comunque, si trovarono alle prese con nomi insoliti e strane sigle di sostanze mai sentite prima e di cui ignoravano completamente l'esistenza: Bretonite, Caderite, Vincennite, Villantite, Klop, Bertholite, Bn-Stoff, Camite, Vomiting gas, Bibi, Cici, Adamsite, Campiellite, Cipalite, Clairsite, Clark 1, Clark 2, Ciclon, Ciclite, Cloro, Cloropicrina, Cloridrina solforica, Dianisidina, Dick, Difosgene, Forestite, Fosgene, Collongite, D-Stoff, Fumigerite, Omomarto-



Fig. 2. Battaglia di Loos, 25 settembre 1915. Rara immagine di soldati inglesi che avanzano dietro nubi di cloro e fumogeni.

nite, Fraissite, Lacrimite, Mustard gas, Papite, K-Stoff, Per-stoff, Senf-gas, Lost, Aquinite, Marsite, Maronite, Opacite, Manganite, White Star, Manguinite, Palite, Scernite, Sulvanite, Tonite, Rationite, Pfiffikus, T-Stoff, Vitrite, Iprite, Surpalite, CG, HS, PS, NC, CBR, VN, BA, WP, FM, SK, KSK, JL, JBR, Croce bianca, Croce verde, Croce azzurra, Croce gialla. Appellativi che traevano origine dal nome di chi per primo aveva prodotto la sostanza o dalla località dove era stata impiegata per la prima volta o dall'effetto causato al combattente o dall'odore caratteristico e che nascondevano, oltre quelli già citati, termini chimici ancor più misteriosi, cloropirina, acroleina, composti cianici, dicloruro e dibromuro di etilamina, il benzile e i suoi derivati alogenati, i chetoni alogenati alifatici ed altri ancora [15]. Tuttavia i combattenti dei vari eserciti che raramente erano in grado di riconoscere questi composti e solo di rado erano in grado di distinguerne le specifiche caratteristiche, li chiamarono sempre con un solo nome: gas.

Il bilancio umano

Il numero di vittime causate dall'attacco del 22 aprile resta ancor oggi assai delicato da valutare. Le cifre, spesso fantasiose, variano secondo gli storici tra le centinaia e le migliaia. Nel 1921 Victor Lefebure valutava in 5000 i morti [11].

Quindici anni più tardi, Rudolf Hanslian [5] accusava, con ragione, le forze alleate di avere per scopi propagandistici largamente sovrastimate le loro perdite. Lo storico tedesco basava le sue affermazioni su rapporti militari redatti all'indomani dell'attacco che pretendevano come i fanti germanici avessero trovato solo pochi cadaveri nelle trincee nemiche. In questa occasione, i tedeschi per ragioni opposte tentavano evidentemente di minimizzare l'ampiezza delle perdite causate dalle nubi di cloro. Lo stesso Haber, interrogato sull'episodio, dichiarò di aver visto solo pochi morti quando percorse il campo di battaglia poco dopo la sua conclusione. Questa controversia può essere considerata un esempio delle approssimazioni, talvolta grossolane, relative al bilancio umano della guerra chimica.

Difatti la chimica, un'arma rivelatasi di grande crudeltà pur in un oceano di sofferenza umana, consegna alla storia del conflitto mondiale un paradosso correttamente messo in evidenza dallo storico contemporaneo Georges-Henri Soutou [18].

Se nell'immaginario collettivo la guerra dei gas è restata come il simbolo più forte dell'orrore del conflitto, le sue conseguenze strategiche sono state praticamente nulle, le sue conseguenze tattiche limitate, le sue conseguenze umane più ridotte di come è stato creduto per molto tempo.

Senza dubbio la mitragliatrice, il cannone, la baionetta hanno sulla coscienza molte più vittime dell'arma chimica. La determinazione delle vittime imputabili all'azione tossica degli agenti chimici è rimasta per molto tempo incerta e manipolata. Solo negli ultimi anni del secolo scorso statistiche rigorose basate sui documenti d'archivio dei paesi belligeranti indicano in circa centomila le vittime dell'arma chimica rimaste sul campo e nel quadruplo quello dei feriti, comunemente definiti «gassati», la maggior parte dei quali riuscì a tornare ad una vita normale [8]. Pare dunque improprio assegnare all'arma chimica del tempo la definizione di «arma di distruzione di massa», un termine, *destruction massive*, utilizzato dalla stampa francese sul finire del 1915 con accezione del tutto diversa. Si paragonavano gli effetti del bombardamento di artiglieria con quelli provocati dal passaggio di una nube di gas. Il primo causava danni consistenti, ma distribuiti in modo irregolare sul territorio. Viceversa il passaggio di una nube di gas provocava non solo la morte di ogni essere vivente incontrato, ma anche l'inaridimento dei vegetali e pure i frammenti metallici che costellavano il campo di battaglia venivano ricoperti di uno spesso strato di ossido [1].

È del tutto evidente, tuttavia, che l'arma chimica occupò un posto singolare fra i vari pericoli che minacciavano il soldato in linea e le ragioni di questa particolarità vanno ricercate non già nel numero di vittime procurate, ma nei contraccolpi psicologici generati. Il gas non soltanto feriva la carne, ma entrava nello spirito del combattente, ne comprometteva l'equilibrio psicologico. Mentre all'epoca rientrava nell'ordine naturale delle cose che un soldato al fronte potesse ricevere ferite a seguito di un colpo d'arma da fuoco o da taglio, era del tutto illogico che egli dovesse paventare addirittura l'aria che respirava [4].

Le tattiche

L'esteso uso dell'arma chimica costituì da un punto di vista tattico una completa novità. Mai le scuole militari avevano preparato gli allievi a confrontarsi con questa particolare forma di combattimento. Solo l'esperienza acquisita al fronte permise di stabilire, prima in maniera rudimentale, poi in forma più evoluta e sottile, i principi tattici cui informare la guerra chimica. In questo senso tedeschi ed inglesi furono i soli ad elaborare proprie dottrine.

Il pensiero tedesco era semplice [12]

... poiché i mezzi classici si erano rivelati impotenti a rompere il fronte avversario, gli agenti chimici potevano consentire di neutralizzare le difese elaborate dal nemico, incunarsi nelle linee avversarie e acquisire un vantaggio tattico, cioè il possesso di una posizione importante, un ponte, un'altura, un incrocio stradale, un gruppo di case, da cui fosse più facile far ripartire l'azione offensiva.

E già durante il primo attacco con gas nel saliente di Ypres, l'esercito tedesco si poneva come obiettivi non la conquista della città, ma il possesso del ponte di Steenstraat per potersi affacciare sulla sponda occidentale del Canale dell'Yser e puntare alla costa del Mar del Nord e l'occupazione dell'altura di Pilckem che con i suoi sessantatre metri di altitudine consentiva di dominare tutta la piatta area circostante. Un allargamento del concetto si ebbe a partire dal 1917 con l'impiego del solfuro di etile biclorurato, l'iprite dalle caratteristiche di alta tossicità, massima persistenza e bassissima reattività chimica all'ambiente. Data la sua natura i tedeschi usarono questo aggressivo non tanto contro le fanterie avversarie ammassate nelle trincee, ma soprattutto per creare una nuova forma di ostacolo al movimento avversario, un reticolato chimico, particolarmente insidioso e mortale data la sua invisibilità. E mentre l'ostacolo tradizionale della difesa passiva, le barriere di filo spinato, per essere veramente valido, doveva poggiare sul terreno non sempre accessibile, l'ostacolo chimico poteva indifferentemente esplicare la sua funzione sul terreno piatto come su quello scosceso, sulla brulla radura come nel folto di un bosco o all'interno di un centro abitato. Così durante le offensive della primavera-estate del 1918, numerosi e continui lanci di iprite garantirono la protezione laterale delle forze attaccanti.

Per gli inglesi l'esigenza prioritaria fu quella di [2]

... ridurre le risorse umane del nemico, influenzarne il morale e l'equilibrio psicologico al fine di alterare la sua capacità di combattere.

Venne quindi messa in piedi una particolare collaborazione tra i servizi di intelligence ed i reparti chimici, specialmente quando molte divisioni tedesche vennero trasferite dal fronte orientale a seguito degli avvenimenti politici in Russia. Poiché questi reparti conoscevano molto poco le misure difensive antigas, gli inglesi li scelsero come obiettivi principali, inseguendoli nei loro spostamenti nei vari settori del fronte per farli oggetto di specifici attacchi.

A tal fine l'esercito britannico si avvale di un peculiare armamento, i «proiettori Livens». Si trattava di tubi di acciaio, a centinaia inseriti nel terreno con un angolo di 45°, ognuno dei quali poteva lanciare un proietto contenente circa quattordici chilogrammi di agente chimico. L'effetto sorpresa era totale, un solo modesto flash luminoso precedeva il lancio dei proietti. In pochi istanti un determinato settore del fronte avversario veniva così saturato di gas che le maschere tedesche erano in grado di proteggere solo per due o tre minuti. I chimici britannici calcolarono che un attacco condotto con i «proiettori Livens» mediamente provocava nell'area interessata una concentrazione di fosgene pari a 42000 mg/mc [14].

I britannici poi, a partire dal 1918, migliorarono questa tattica conducendo quelli che chiamarono i «beam attacks». Questi attacchi consistevano nel sistemare numerose bombole di gas su vetture tranviarie scoperte che si muovevano su rotaie a scartamento ridotto e che al momento opportuno venivano spinte fino a ridosso della prima linea. Quando le bombole venivano aperte, il gas da esse diffuso dava origine ad una concentrazione talmente elevata che anche le truppe amiche venivano fatte preventivamente evacuare dal settore. Ciò provocava molta angoscia nei tedeschi perché non riuscivano a rendersi conto di come e da dove le nubi avevano origine, gli effetti erano veramente micidiali [16].

Elementi tipici della guerra chimica

Razzi verdi e bianchi si levavano senza posa, le campanelle d'allarme suonavano a dozzine. Dovunque, nella confusione delle rovine, restassero uomini vivi si sentiva ripetere incessantemente: «Attaccano coi gas! I Gas! I Gas! Gaas! Gaaas!» Afferrai in fretta la maschera, mi infilai gli stivali, agganciai il cinturone, uscii di corsa e vidi oltre la trincea un'enorme nuvola di gas che avanzava bianca e spessa sopra Monchy e che spinta da un debole vento si avvicinava a quota 124. Corsi in avanti e mi trovai ben presto in mezzo alla nuvola di gas. Un vago odore dolciastro mi convinse che non si trattava, come in un primo momento avevo creduto, di nebbia artificiale, ma proprio di gas da combattimento. Più tardi apprendemmo che questa volta ci avevano propinato il *fosgene* [...] Nel rifugio di uno di quei giardini trovai i miei colleghi di compagnia Sievers e Vogel; avevano acceso un grosso falò ed erano chini sopra la fiamma purificatrice per sottrarsi ai velenosi effetti del gas. Tenni loro compagnia e li imitai fino al momento in cui il tiro si affievolì; poi proseguii verso la linea attraverso il camminamento sei [9].

In queste poche righe Ernst Jünger, ufficiale in un reggimento del Württemberg, probabilmente senza esserne consapevole, condensa la descrizione dei tre elementi che contraddistinsero, e contraddistinguono tuttora, la guerra chimica: l'allarme, la protezione, la bonifica.

Sulla linea delle trincee l'allarme gas assunse una fondamentale importanza. Un allarme dato a tempo debito consentiva, infatti, ai combattenti il tempestivo indossamento della maschera e la messa in opera dei sistemi di difesa passiva. A tal fine le vedette, posizionate in punti strategici della linea in modo da poter osservare convenientemente il proprio settore di fronte, venivano istruite a riconoscere tutti

quegli elementi riconducibili alla imminenza di un attacco chimico: le segnalazioni fatte con razzi di determinati colori e lanciati con determinate traiettorie, il sibilo del gas che fuoriusciva dalle bombole, l'improvviso alzarsi di nubi in corrispondenza delle trincee avversarie, gli odori caratteristici di alcuni tipi di sostanze, i bagliori brevi e intensi che indicavano l'impiego dei lanciagas. Quando poi il bombardamento con le artiglierie portò la minaccia chimica anche sul retro delle prime linee, vennero predisposti ulteriori nuclei di vedette presso le linee più interne e particolarmente in vicinanza dello schieramento delle batterie.

L'allarme gas era dato con la voce, urlando ripetutamente questa parola, che curiosamente suonava allo stesso modo nelle diverse lingue degli eserciti che si confrontavano, ma anche percuotendo con oggetti di metallo dei gong rudimentali costituiti per lo più da bossoli, da grossi frammenti di granate, da tubi metallici di varie dimensioni, da campane recuperate fra le macerie e da altri disparati strumenti.

La maschera antigas è il mezzo protettivo più comune e a tutti noto. Il suo scopo è quello di filtrare l'aria respirata, neutralizzando o trattenendo le sostanze tossiche in essa disperse. In ambito militare l'esigenza di poter disporre di mezzi di questo tipo nacque contestualmente all'uso di agenti chimici sul campo di battaglia. Già nell'aprile del 1915 Haber aveva avvertito la necessità che le truppe destinate ad avanzare tenendosi dietro le nubi di cloro, dovessero essere equipaggiate con sistemi in grado di proteggere le prime vie respiratorie, naso e bocca, che erano quelle attaccate dal gas. I primi mezzi protettivi consistevano in un tampone di garza impregnato con una soluzione glicerica di tiosolfato e carbonato sodico destinati a reagire con il cloro neutralizzandolo. Il tampone doveva essere tenuto premuto contro la bocca e il naso durante la respirazione. Il sistema garantiva una protezione nei confronti del cloro per trenta minuti circa.

Nelle settimane successive vennero arretrate al dispositivo di protezione alcune sostanziali modifiche. Innanzitutto venne dotato di robusti nastri che consentivano di fissare il cuscinetto di cotone dietro la testa, poi venne arricchito di occhiali in considerazione della comparsa sul campo di battaglia di agenti chimici lacrimogeni. Un filo di rame manteneva il cuscinetto di cotone filtrante aderente alle tempie dell'utilizzatore cui, tramite un legaccio era fissata una tendina munita di visori di mica a forma quadra. Infine nel mese di settembre 1915 ulteriori studi, intrapresi in particolare da Richard Willstätter, Premio Nobel nel 1915, dettero risultati eccellenti con la realizzazione della prima maschera antigas vera e propria. La maschera era realizzata in un solo pezzo di tessuto gommato, aderente al viso dell'utilizzatore, munita di visori e fissata alla nuca mediante cinghie. In corrispondenza del naso e della bocca era integrato nella maschera un componente metallico sul quale era avvitato il sistema filtrante, la cui tenuta era assicurata da una guarnizione di gomma. Il modello iniziale di filtro era costituito da un agglomerato di piccoli frammenti di pomice molto porosi mescolati a carbone vegetale, impregnati di iposolfito sodico e carbonato di sodio.

Non c'era, però, alcuna valvola e l'aria inalata veniva espulsa attraverso la car-



Fig. 3. La prima maschera antigas costituita da un facciale a pieno viso in tela gommata e da un filtro smontabile e sostituibile.

tuccia filtrante. La maschera già munita di filtro e pronta all'uso era contenuta in una custodia metallica dotata di una cinghia per portarla a tracolla e corredata delle istruzioni per il corretto indossamento. L'idea base di questa maschera, la protezione integrale del viso e la possibilità di sostituzione dell'elemento filtrante, fu veramente originale ed improntò, con gli opportuni adeguamenti e perfezionamenti, tutte le successive realizzazioni di maschere protettive, sia per usi militari che civili, fino ai nostri giorni.

L'attacco del 22 aprile aveva trovato francesi e britannici del tutto sprovvisti di un qualsiasi mezzo di difesa. Gli stati maggiori chiesero subito l'aiuto di uomini di scienza. Per la Francia scesero in campo quelle personalità scientifiche che avevano avuto esperienza di simili problematiche, il professor André Kling, direttore del Laboratoire Municipal de Paris, il professor Gabriel Bertrand direttore dell'Institut Pasteur, Paul Lebeau, professore di tossicologia presso l'École supérieure de Pharmacie, Charles Moureu, professore al Collège de France, il chimico dottor Henri e il medico dottor Charles Achard. Dall'Inghilterra giunsero in Francia i chimici Scott Haldane, professore a Oxford, Mouat Jones, insegnante all'Imperial College of Science and Technology, e il medico dottor Baker per studiare direttamente sul posto una possibile soluzione al problema della protezione antigas.

Le considerazioni legate all'esigenza di neutralizzare chimicamente il cloro, si imposero ugualmente a tutte le équipes scientifiche e quindi tutta una serie di tamponi di varia foggia e dimensioni, tutti comunque realizzati a protezione dell'apparato respiratorio, naso e bocca, erano impregnati delle stesse soluzioni. Poi, quando il fosgene fece la sua comparsa, il tiosolfato fu rapidamente affiancato dalla esamtilentetrammina (o urotropina) che reagiva con l'agente tossico formando un prodotto di addizione.

Un deciso miglioramento della protezione antigas si ebbe con l'adozione di filtri caricati con carbone attivo. Primi, anche in questo campo, furono i tedeschi che utilizzarono già nel 1916 un carbone attivo derivante dalla combustione controllata di legno di conifere. Nello stesso arco di tempo arrivò ad una stessa conclusione il chimico russo Zelinsky impiegando legno di betulle. Più lenti furono gli studi franco-britannici che portarono solo un anno dopo ad ottenere carboni attivi di buona qualità da gusci e semi di frutta. La partecipazione degli Stati Uniti al conflitto comportò la comparsa del carbone attivo derivato dai gusci di noce di cocco che, con gli inevitabili perfezionamenti, è ancor oggi utilizzato.

Anche nel campo della protezione si ingenerò fra i chimici e gli ingegneri dei paesi belligeranti una lotta per mettere a punto dispositivi antigas sempre più efficaci ed efficienti in grado di proteggere i soldati al fronte dagli agenti chimici più tossici e più perniciosi lanciati sul campo di battaglia. L'evoluzione della maschera antigas nel corso del conflitto fu un processo a prova di errore con l'aggiunta di dover prevedere le nuove minacce che l'avversario avrebbe messo in campo. Questa lotta altalenante fece sì che il fallimento nell'adottare rapidamente una idonea tecnologia di contrasto poteva risultare letale e provocare la morte o l'invalidità di centinaia di migliaia di uomini o addirittura la possibile sconfitta nella guerra stessa [6].

Tuttavia, questa lotta incessante fu senza alcun dubbio una delle chiavi della guerra chimica e in definitiva i dispositivi di protezione elaborati nell'ambito degli schieramenti in lotta si rivelarono efficaci malgrado i loro limiti. La difesa chimica offerta ai combattenti permise di abbassare notevolmente la mortalità fino a tassi di perdite assai limitati.

Conclusioni

L'impiego dell'arma chimica nel corso della Grande Guerra offre una valutazione assai discordante che non può giungere a conclusioni categoriche. Ciò deriva dal carattere così particolare di questa inusuale forma di combattimento la cui dimensione psicologica degli effetti prodotti sovrasta le sue caratteristiche militari e operative. Il posto che tuttora la guerra chimica occupa nella memoria collettiva ne è la testimonianza più eloquente.

È difficile, in definitiva, capire ciò che rappresentò veramente l'esperienza dei gas vissuta sui campi di battaglia attraverso formule chimiche, grafici e bilanci economici. L'arma chimica non fu un'arma come le altre. Un medico militare che aveva combattuto nelle fila dell'esercito britannico notava più di vent'anni dopo la conclusione del conflitto come fosse [7]

... terribile ed orribile l'esperienza di sentirsi soffocare ed essere incapaci di riprendere a respirare. Un uomo ferito da un proiettile o da una scheggia di granata muore ugualmente per le ferite, ma non ha sicuramente la sensazione che la vita gli venga estirpata dal corpo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bloch P., 1926, *La guerre chimique*, in *Revue militaire française*, avril-juin.
- [2] Clarck D., 1959, *Effectiveness of Chemical Weapons in World War One*, John Hopkins University, Bethesda, p. 54.
- [3] Enock A.G., 1951, *This War Business*, The Bodley Head, London, p. 94.
- [4] Haber L.F., 1986, *The Poisonous Cloud. Chemical Warfare in the First World War*, Oxford University Press, Chapter 10.
- [5] Hanslian R., 1934, *Der deutsche Gasangriffe bei Ypern am 22 April 1915*, Gasschutz & Luftschutz, Berlin, pp. 64, 70, 104.
- [6] Hanslian R., 1937, *Der chemische Krieg*, E.S. Mittler & Sons, Berlin, pp. 187-227.
- [7] Hartley H. Archives, 1957, *Paper of Dr. T.A. Elliott*, September 3, 1944.
- [8] Heller C., 1984, *Chemical Warfare in WWI. The American experience 1917-1918*, Leaveworth Papers, Chapter 2.
- [9] Jüngher E., 1966, *Tempeste d'acciaio*, Ed. Il Borghese, Milano, p. 106.
- [10] Lefebure V., 1921, *The Riddle of the Rhine: Chemical Strategy in Peace and War*, Collins, London, pp. 151-152.
- [11] *Idem*, pp. 27-35.
- [12] Lepick O., 1998, *La Grande Guerre Chimique, 1914-1918*, Presses Universitaires de France, Paris, p. 233.
- [13] *Idem*, p. 175.
- [14] *Idem*, p. 198.
- [15] Malatesta P., 1966, *Aggressivi chimici*, Editrice Studium, Roma.
- [16] Richter D., 1992, *Chemical Soldiers-British Gas Warfare in World War One*, University of Kansas Press, Kansas City, pp. 191-198.
- [17] Robinson J., 1971, *The Rise of Chemical and Biological Weapons*, in *The Problem of Chemical and Biological Warfare*, Vol. I, SIPRI, Almqvist & Wicksell, Stockholm, p. 39.
- [18] Soutou G.H., 1996, *Grande Guerre, année 1916 (preface)*, in *Revue historique des arme*, n. 2, p. 2.

GIORGIO BOCCATO* – PIERO ANDREA BREDA**

Effetti del fosgene: testimonianze di sopravvissuti Monte San Michele (GO), 29 giugno 1916

Summary – During the World War I the use of poisoning gasses became an ordinary weapon. On the Italian front gas was utilised for the first time on 29 June 1916 on the slope of Saint Michael Mount near to Gorz/Gorizia. Phosgene was the toxic agent and Italian troops had no means of protecting themselves. Phosgene, was synthesized for the first time by a British doctor in 1812, and is still in use in many industrial productions. In the archives of Historic Office of the Italian Army some eyewitnesses of that tragic day are stored in form of relation and they are published here for the first time: some officers bravely conducted the troops to counter attack climbing the hill towards the first line, so escaping the cloud of gas. After 100 years the words of that officers are still the best description of that terrible page of war.

Il fosgene - La sintesi

Il fosgene (nome chimico Ossido Dicloruro di Carbonio, formula COCl_2) deve il suo nome al medico (e chimico per passione) John Davy (1790-1868), nato a Penzance in Cornovaglia nel sud dell'Inghilterra. Era fratello del noto chimico Sir Humphry Davy, e fu il primo a sintetizzare il fosgene nel 1812 facendo reagire ossido di carbonio e cloro per reazione diretta catalizzata dalla luce (da «φωσ γεναιο», generato dalla luce); a temperatura ambiente il F. è un gas incolore (bolle a 8°C) dall'odore caratteristico che ricorda lontanamente il fieno, solidifica a -118°C , è 1,4 volte più denso dell'acqua e 3,4 volte più denso dell'aria. È fortemente velenoso e aggressivo (circa 15 volte più venefico del cloro), il suo indice di tossicità

* Presidente onorario Ordine dei chimici di Venezia, Futura Center, Via Ca' Marcello, 61 - 30172 Mestre (VE). E.mail: giorgio.boccat@alice.it

** Funzionario Veneto Lavoro (Università Cà Foscari di Venezia), Via Cà Marcello 67, 30172 Mestre (VE). E.mail: pieroandrea.breda@venetolavoro.it

Haber è $C \times T = 450$ ossia si ha la morte respirando per 10 minuti un'atmosfera che contenga 45 milligrammi di fosgene per metro cubo di aria; già nella sua relazione del 1812, inviata alla Royal Society, Davy segnalava che «*Il suo odore era diverso da quello del cloro... anche meno tollerabile più soffocante, colpisce gli occhi in maniera peculiare, producendo una rapida lacrimazione e provocando sensazioni dolorose*» [4, p. 145]. Evidentemente la dose inalata da John Davy, fortunatamente per lui, doveva essere minima. Il F. può essere conservato in bombole d'acciaio sotto pressione oppure sciolto in tetracloroetano o meglio in benzene o toluene, ma si preferisce utilizzarlo sul luogo di produzione per evitare la pericolosità del trasporto. Reagisce lentamente con l'acqua (idrolisi) a freddo e più rapidamente a caldo dando anidride carbonica (CO₂) e acido cloridrico, più rapidamente con gli alcali come l'idrato di sodio (la soda caustica) dando carbonato di sodio, cloruro di sodio e acqua.

Gli impieghi industriali

Oggi la produzione industriale di fosgene si realizza su carbone poroso come catalizzatore a temperature tra i 50 e i 150°C, preferibilmente a 125° (non superiori ai 200°C perché si avrebbe la scissione nei due reagenti di formazione), la reazione è esotermica, avviene cioè con sviluppo di calore per cui necessita un continuo raffreddamento del reattore. Si può produrlo anche per reazione tra tetraclorometano (CCl₄) e acqua ad alte temperature o per ossidazione del cloroformio, quest'ultima reazione può avvenire lentamente in presenza dell'ossigeno atmosferico e della luce: è la ragione per cui il cloroformio puro (un tempo largamente usato come anestetico) deve essere conservato in bottiglie di vetro scuro e ben tappate. Il fosgene ha utilizzo come intermedio nella sintesi di polimeri, pesticidi, coloranti e molecole di interesse in campo farmaceutico. Particolarmente importante la produzione dei policarbonati, classe di polimeri termoplastici dai molteplici usi ottenuti per mezzo della reazione tra il fosgene e il sale sodico del bisfenolo A (dai tettucci e gli oblò degli aerei agli elmetti protettivi usati in edilizia, dalle lenti per occhiali ai supporti per informazioni digitali come CD, DVD, Blu-ray, dall'illuminazione come plafoniere e globi stradali agli involucri di telefoni mobili, cellulari e smartphone, ecc.). Ancora maggiore l'impiego nella sintesi di isocianati, intermedi per la produzione dei poliuretani che nelle loro differenti forme (espansi flessibili o rigidi, compatti rigidi od elastici) trovano impiego come isolanti termici e acustici nell'edilizia e nell'industria degli elettrodomestici, come imbottiture per l'arredamento e per l'automobile, nella fabbricazione di vernici e di adesivi, in ambito tessile (l'Alcantara è un copolimero poliuretano/poliestere, la Lorica poliuretano/poliammide) e in numerosissimi altri utilizzi (guarnizioni, giocattoli, imballaggi, articoli medicali, ecc.).

Gli effetti sull'uomo

Il F. è un veleno particolarmente insidioso in quanto in caso di inalazione dopo una iniziale forte irritazione delle fauci con tosse convulsiva, una volta all'aria libera da gas i disturbi spariscono dando l'apparenza di una scomparsa del pericolo. I sintomi gravi si manifestano infatti nel tempo con sensazione di bruciore, tosse, respiro breve e difficoltoso, senso di costrizione al petto e si accentuano se si fanno sforzi fisici. La mancanza di effetti immediati aumenta il pericolo in quanto la lenta reazione con l'acqua presente nei tessuti del tratto respiratorio richiede del tempo che – in funzione della quantità inspirata – può andare dalle 24 sino a 72 ore e oltre. Pertanto individui apparentemente in stato di benessere dopo l'inalazione di fosgene possono morire improvvisamente presentando focolai di bronco-polmonite, bronchite capillare diffusa, polso debole, battito cardiaco frequente e irregolare con conseguente collasso. Infatti l'acido cloridrico che si forma attacca le membrane delle cellule delle vie respiratorie riempiendole di liquido e causando edema polmonare, emorragie interne e conseguente insufficienza respiratoria che porta alla morte.

Apparentemente l'intossicazione da fosgene appare simile a quella da cloro, ma diversamente da questa, dopo la prima irritazione delle vie respiratorie con tosse e senso di soffocamento, il portare il soggetto all'aria pura non dà remissione e l'asfissia continua il suo corso.

Le tecniche di utilizzo bellico

Le sostanze velenose in genere sono state impiegate a scopi bellici principalmente con due tecniche: a nube e mediante proiettili. La prima si basava sulla fuoriuscita da bombole che venivano aperte in genere durante la notte per sfruttare l'effetto sorpresa. Infatti di giorno potevano essere avvertiti sia i movimenti di apprestamento nelle trincee avversarie, sia i sibili dei gas che uscivano sotto pressione, inoltre le nubi erano ben visibili anche dal colore (giallo-verde il cloro, rosso il bromo, biancastro a seconda dei gradi di umidità il fosgene). La diffusione avveniva più o meno velocemente a seconda del vento: i gas strisciavano sul terreno stante le elevate densità rispetto all'aria (circa 2,5 volte per il cloro e – come riportato in precedenza – quasi 3,5 volte per il fosgene) e si accumulavano maggiormente nei punti più bassi: avvallamenti, ricoveri, trincee. La seconda tecnica si basava sul lancio di granate caricate con i gas o i liquidi velenosi per tiri di sbarramento o di controartiglieria: in questo caso si potevano far giungere i gas nelle retrovie nemiche ma in settori più ristretti; talvolta i due sistemi venivano usati in contemporanea. I pericoli non mancavano anche per gli attaccanti: ci si rese rapidamente conto che l'efficacia era legata alle condizioni atmosferiche come la temperatura, l'umidità relativa dell'aria, la forza del vento e la sua direzione (un cambio improvviso poteva invertire il percorso dei gas) e inoltre lo stazionamento soprattutto dei prodotti liquidi che

imbevevano il terreno rendeva spesso impossibile l'avanzata delle truppe pena l'intossicazione, fenomeno verificatosi in diverse occasioni.

Le protezioni

Come protezioni individuali furono usate le maschere che progressivamente divenivano più efficaci e di utilizzo più pratico in quanto sempre più leggere e dotate di prodotti di efficacia specifica in grado di neutralizzare o bloccare i vari veleni (da non dimenticare che le prime protezioni consistevano soltanto in fazzoletti o stracci imbevuti d'acqua o magari di urina), ma purtroppo la loro costruzione e il loro perfezionamento furono sempre successivi all'impiego dei vari aggressivi chimici, per la necessità di identificarli e studiarne le caratteristiche per poterli contrastare e neutralizzare mediante assorbimento e/o reazioni chimiche.

I tentativi di limitazione delle armi chimiche

La disponibilità già nella seconda metà dell'800 di numerose sostanze dotate di proprietà irritanti, asfissianti e velenose e il loro possibile impiego bellico quali armi chimiche, indussero le grandi potenze dell'epoca a riunirsi all'Aja nel 1899 per firmare un accordo volto a vietare l'impiego di «*veleni o armi avvelenate*», a «*non usare proiettili il cui unico scopo è quello di spandere gas asfissianti o deleteri*» e a non utilizzare «*armi, proiettili o sostanze capaci di provocare dolori superflui*». Malgrado questo impegno, i giapponesi nel 1905 lanciarono contro le navi russe granate contenenti gas asfissianti, per cui una seconda Convenzione dell'Aja (1907) metteva di nuovo al bando le armi chimiche e vietava l'uso in guerra degli aeroplani. Diverse potenze però non la sottoscrissero per cui il conflitto del 1914 fu il primo in cui le armi chimiche furono usate in maniera estensiva. I primi a utilizzare dei gas lacrimogeni furono i francesi contro i tedeschi nella seconda metà del 1914, mentre questi ultimi risposero lanciando gas starnutenti e irritanti contro i francesi nell'ottobre 1914 e contro i russi nel gennaio 1915. L'utilizzo di gas letali come il cloro, il fosgene e l'iprite avvenne progressivamente negli anni successivi dalla primavera del 1915 in poi. In particolare i tedeschi usarono i gas per cercare di sbloccare la guerra di posizione che si trascinava da mesi; la Germania accorsa nell'ottobre del '17 in appoggio all'Austria-Ungheria riuscì nello sfondamento del fronte italiano a nord di Caporetto con l'uso di duemila contenitori carichi di difenilcloroarsina e fosgene.

Si calcola che nel corso della guerra 1914-18 le vittime dei gas siano state non meno di 100.000 in Austria-Ungheria, 190.000 in Francia, 200.000 in Germania, 60.000 in Italia e – con statistiche più precise – 419.340 in Russia e 72.807 tra i soldati U.S.A. impegnati sui fronti europei.

Un accordo promosso dall'ONU, firmato nel 1993 ed entrato in vigore nel 1997, vieta la fabbricazione e l'uso di armi chimiche, imponendone la distruzione

(almeno in teoria) e ha dato origine alla creazione dell'OPCW - Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, alla quale è stato attribuito nel 2013 il Premio Nobel per la Pace. L'OPCW celebra ogni anno il «Giorno della Rimembranza» per tutte le vittime delle guerre chimiche: nel 2015 esso è stato organizzato assieme al Segretariato di «Mayors for Peace - Sindaci per la Pace» partendo dalla sede dall'Aja e spostandosi a Ieper - Ypres la località del Belgio ove avvenne il primo attacco con armi chimiche il 22 aprile del 1915, in occasione della ricorrenza del centenario del primo attacco tedesco con il cloro. In Italia la data è stata ricordata dalla Società Chimica Italiana e dal Consiglio Nazionale dei Chimici affermando che essa: «Può e deve essere utilizzata per alimentare la ricerca e consolidare la riflessione sull'etica della scienza come portatrice di sviluppo e benessere sempre più al servizio dell'uomo e delle cause umanitarie».

L'ATTACCO AUSTRO UNGARICO CON I GAS SUL MONTE SAN MICHELE, 29 GIUGNO 1916

Nel giugno del 1916 l'esercito austro ungarico attraversava un momento difficile: l'offensiva in Trentino era stata bloccata, il contrattacco italiano aveva ripreso quasi tutto l'altipiano di Asiago, ed era in corso una grande offensiva russa in Galizia (Ucraina Occidentale). Il comando austro ungarico voleva comunque fare qualcosa per cercare di migliorare le posizioni: «L'esecuzione di un attacco normale era ineffettuabile in considerazione dell'entità delle forze belliche, sia in uomini che in materiali, numericamente assai inferiori a quelle avversarie... Il comando di divisione aveva considerato sin dall'aprile le possibilità di un nostro attacco con gas, il quale, riuscendo, avrebbe eliminato gli svantaggi della nostra difesa... causandoci anche perdite relativamente lievi» Gen. Lukachich comandante della 20° div. Honved - VII corpo d'armata A.U. [8, pp. 290-291].

Da parte italiana era presente l'XI corpo d'armata con la 21° e la 22° divisione. La 22° comprendeva la Brigata Ferrara, schierata sulla destra dalla cima 3 del Monte San Michele a San Martino del Carso avendo il 48° reggimento fanteria schierato a sinistra e il 47° sulla destra. Altre unità presenti erano le brigate Brescia, Pisa e Regina.

A Roma presso l'AUSSME Archivio Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito, al fondo denominato F11 sono conservate 92 relazioni di ufficiali del 48° reggimento fanteria che vennero fatti prigionieri durante la guerra; in quelle relazioni gli ufficiali, al ritorno dalla prigionia, hanno descritto le vicende belliche della loro cattura e la loro esperienza nei campi di concentramento nemici. Cinque di questi ufficiali furono catturati la mattina del 29 giugno 1916 sul Monte San Michele. Si tratta di testimonianze inedite che a cento anni di distanza costituiscono un patrimonio di memorie di grande valore.

La fonte primaria di informazioni per tutte le vicende belliche della prima guerra mondiale è la cosiddetta Relazione Ufficiale, vale a dire il corpus di 37 volumi de «L'Esercito Italiano nella grande guerra» edito a cura dell'Ufficio storico dell'Esercito.

Nel III volume «*Le operazioni del 1916*» al Tomo 2° - Narrazione, un apposito capitolo descrive i fatti di quel tragico giorno:

I gas vennero lanciati dopo intenso bombardamento d'artiglieria fra le 5.30 e le 6 del mattino. I primi piccoli gruppi di fanteria austro ungarica che si infiltrarono nelle nostre linee non trovarono resistenza ma solo uomini svenuti e incapaci di reagire.

I gas, di una potenza venefica straordinaria, produssero effetti rapidi e violenti; numerosi colpiti caddero contorcendosi in un dolore muto, altri si ripiegarono in strane posture, morendo quasi fulmineamente; la maggior parte degli ufficiali non fu più in grado di esercitare qualsiasi azione direttiva e di comando, i soldati ancora validi presi dal panico, ripiegarono verso il basso illudendosi di trovare uno scampo.

La seconda ondata nemica scese per i camminamenti e respinse indietro tutti gli italiani ancora in grado di muoversi.

La relazione ufficiale così conclude «*superato il primo momento di sorpresa le nostre truppe reagirono; vennero in tutti i settori pronunziati contrattacchi; i reparti nemici furono presi sui fianchi e alle spalle e, non più soccorsi, isolati, disorientati e avviliti, per non farsi uccidere, si arresero*». [8, pp. 293-294].

Le testimonianze

Particolarmente cruenta e raccapriccianti sono le descrizioni dell'attacco, che colse quasi completamente impreparate le truppe italiane. Dal racconto di alcuni ufficiali del 48° reggimento di fanteria emerge la consapevolezza di essere sopravvissuti a qualcosa di veramente terribile; tutti e cinque gli ufficiali superstiti raccontano che di fronte all'avanzare della nuvola di gas decisero di avanzare verso la prima linea, quindi di salire di quota, e in almeno due casi erano consapevoli che in quel modo avrebbero avuto qualche possibilità di sfuggire meglio all'azione del gas. In particolare sono disponibili tre relazioni di ufficiali della 9° compagnia, riportate dal comandante e da due dei suoi subalterni:

Mi onoro riferire quanto segue: verso le ore 5... fu ordinata una corvée di 70 uomini con l'aspirante Ferrari Sig Carlo per portare il caffè in prima linea. Dopo appena 10 minuti che questi furono partiti si avvertì un puzzo di gas ed una grande nube giallognola avanzarsi. Immediatamente si ricorse alle poche maschere che si avevano (di vecchio modello) ed alla raccolta di materiale infiammabile. Pochi riuscirono a far ciò poiché i gas incuniatasi nel valloncetto tolsero a tutti il respiro e le forze necessarie... Allora con quanto fiato e spirito mi era ancora rimasto, con la rivoltella in pugno facendo comprendere che andando in alto avrebbero sofferto meno andai... cercando di riunire quei pochi uomini, quasi tutti svenuti e boccheggianti ordinando di seguirmi in 1ª linea ma inutilmente, poiché solo pochi di questi ebbero forza e spirito, sebbene in condizioni disperate, di seguirmi. Fatti circa 70 metri nel camminamento fui affrontato da un pattuglione nemico di una decina di uomini al comando di

un ufficiale mentre un altro ne sbucava dal camminamento laterale sparando colpi. L'ufficiale mi puntò la rivoltella ed io feci altrettanto ma subito un soldato austriaco mi saltò addosso disarmandomi mentre altri facevano lo stesso con i miei ufficiali e soldati che mi seguivano e qualcuno in coda che aveva tentato di spianare l'arma fu freddato con una fucilata. Fummo accompagnati da pochi uomini con le armi spianate fino alla prima linea in una caverna ben costruita con parecchi telefoni e apparecchi intercettatori. Il comandante del battaglione ci offrì un cognac domandandomi poi come mai non eravamo preparati a quest'attacco quando loro da più giorni ne parlavano al telefono per metterci in avviso; ... viste le sofferenze evidenti dei gas ci forniscono delle pezzuole bagnate di medicinali... il mattino dietro insistenze fummo condotti in un ospedale dove fu subito ordinata la respirazione artificiale che avevano già pronta e usufruivano per i loro soldati, in gran numero colpiti dai gas. (Capitano Ettore Gizzi n. 433).

Accendere fuochi per smuovere l'aria era un tentativo disperato per cercare di difendersi dai gas. Il Capitano Gizzi venne rimpatriato anticipatamente nei primi mesi del 1918, così come il suo subalterno Ferrari, l'ufficiale partito con la corvée del caffè che così ricorda:

Il mattino del 29 giugno del 1916 il nemico lanciò contro le nostre posizioni di S. Michele e S. Martino grosse nubi di gas asfissiante. Io mi trovavo con la mia compagnia (9ª) al valloncello di cima 3... in un anno di guerra non erano mai stati adoperati tali gas e perciò al principio si credette trattarsi cosa di lieve importanza. Ma tosto se ne sentirono i gravi effetti: la respirazione divenne man mano soffocante e ci si sentiva svenire, quantunque fossimo tutti muniti della maschera. In men che non si dica parecchi dei nostri soldati erano distesi a terra spasimanti colla schiuma alla bocca... con preghiere e con minacce per raccogliere gli uomini e con essi ci trascinnammo ... a stento verso la prima linea. Giunti ad un muricciolo ci fermammo ... nello scorgere un austriaco ... puntai il mio fucile e stavo per far fuoco allorché mi sentii afferrare per le braccia: era una pattuglia austriaca che era giunta sino a noi. Catturati tutti... per quanto sia indomabile l'odio che ho sempre avuto per quei barbari, pure ho dovuto constatare che i primi trattamenti usati furono gentili: ci diedero subito dei cordiali, cognac e anici. Subito dopo ci portarono all'ospedale di Castagnevizza ove ci fecero aspirare dell'ossigeno e avemmo agio di parlare sull'andamento della guerra con alcuni ufficiali... ci dissero «Si anela la pace la quale assolutamente non potrà essere lontana» (Sottotenente Carlo Ferrari n. 694).

Il terzo ufficiale della compagnia fatto prigioniero quella mattina ricorda invece distintamente la nuvola del gas che avanzava:

Subito dopo partita la corvée incominciò da parte del nemico un violentissimo fuoco... e per l'aria s'intese un rumore simile a quello dell'acido solforico gettato a terra. ... Guardai verso la prima linea per vedere cosa succedeva, ma con mia sorpresa vidi delle nuvole giallastre alte 3 o 4 metri, che lentamente scendevano avvolgendo

tutto nelle tenebre. ... le nostre truppe stavano nelle trincee, ma a quanto potetti riscontrare non in condizioni di poter respingere il nemico perché si lamentavano con grida di spasimo. L'aria intanto era diventata insopportabile e opprimente, non si poteva più respirare gli occhi si gonfiavano e un dolore alla gola ed al petto sembrava facesse soffocare. Sulle prime credetti fossero gas lacrimogeni ma poi data la intensità mi persuasi che era qualcosa di più terribile e cioè gas asfissianti. Disposi subito perché tutti gli uomini rimasti mettessero la maschera in modo da poter resistere ... feci accendere dei fuochi con paglia legna ed altro materiale in modo di poter tenere in piedi e in condizioni di combattere il maggior numero degli uomini rimasti essendo che questi incominciavano a cadere sotto l'azione dei gas venefici. Attesi invano fino alle 8 circa ma le mie truppe incominciarono a mancarmi dato le sofferenze cui erano soggette e siccome poi l'azione dei gas influiva anche sul mio fisico estenuato dalle forze e dallo spasimo caddi assieme ai miei pochi superstiti. Non so per quanto tempo vi rimasi, solo ricordo che quando scosso e malmenato aprii gli occhi mi trovai addosso un forte numero di austriaci muniti di una maschera e mazze ferrate, che tanto a me quanto ai miei soldati toglievano le armi e tutto ciò che aveva indosso, dopo questa operazione mi trascinarono nella loro prima linea. (Sottotenente Giuseppe Patroncini, n. 6. 362).

In quest'ultimo caso non viene riferito l'uso delle mazze ferrate, che servirono a dare il colpo di grazia sulla nuca ai moribondi, e che a suo tempo fece tanta impressione sui soldati italiani. Si tratta di oggetti che nei musei di guerra ove sono conservate sono sempre esposte in bella vista: a cent'anni di distanza destano sempre molta curiosità, e nuovamente una viva impressione. Vi è comunque una testimonianza diretta del loro uso da parte di un ufficiale appartenente a un altro battaglione del 48° fanteria:

Altre ondate di gas si sono susseguite e dato il tempo propizio e l'ubicazione delle trincee queste sono state ricolme di detti gas... quand'ecco pattuglioni nemici invasero le trincee facendo prigionieri quelli che si trovavano ancora in vita... il sott° De Mouschy è spirato per i gas e il tenente Cesari è stato freddato con un colpo di mazza ferrata. Il sottoscritto tutto sfinito è stato circondato... (Sottotenente Gaetano Inserra n. 2. 201).

Ancora più drammatiche, se possibile, sono le parole dell'aspirante medico Arrigo Ancona n. 117:

Arrivato da pochi giorni al reggimento 48° fanteria il sottoscritto salì il giorno 26 giugno 1916 al posto avanzato di visita medica che trovavasi col comando del battaglione di prima linea nel valloncetto di cima 4 di San Michele. Dopo l'azione del 28 giugno, nella quale il battaglione ebbe circa 150 feriti che ricorsero al posto avanzato, il sottoscritto messosi a riposare verso le ore 1 della notte venne svegliato alle 5 del mattino dai gas che, invasi i ricoveri, li rendeva inabitabili. Alzatosi ed allontanati vari soldati entrati nel posto avanzato a chiedere soccorso, avvertendo che a stare li

sotto era peggio perché si faceva la morte del topo, uscì per lo stesso motivo egli pure e salì al comando di battaglione, più elevato di un metro e mezzo o due, sperando di trovare aria più respirabile. Aveva applicata la maschera ma non ne ebbe alcun giovamento, sicché sentendosi mancare il respiro, venne preso da una smania e da una agitazione straordinaria, vuotò nella maschera il liquido della bottiglietta annessa, inutilmente; afferrò ogni bottiglia e ogni fiasco che gli capitasse fra le mani, versandolo nella maschera con la speranza di averne refrigerio ma sempre inutilmente. Ad un certo punto si sentì mancare e cadde, ma alzatosi con un supremo sforzo per sfuggire a quell'atroce agonia, si arrampicò col comandante il III battaglione Maggiore Gottardi Sig. Albano, su una trincea che andava verso cima 3. Percorsi pochi passi infatti nella trincea, che era un pò più alta del comando di battaglione, sentirono che pur respirando male ed a stento, per i gas già assorbiti, pur soffrendo di dolori e di bruciori al petto e di tosse, avevano lì quel tanto di aria respirabile che doveva tenerli in vita. Dopo qualche minuto il Maggiore Gottardi s'avviò verso la I^a linea dove fu ferito ad una coscia, e dove si dice che gli austriaci (anzi gli ungheresi del 17° reggimento Honved) lo abbiano finito con le mazze ferrate. Il sottoscritto rimase nella trincea, sui fianchi e intorno fuoco di artiglieria ed a tratti di mitragliatrice, sul davanti silenzio assoluto. Ad un tratto giù dalla trincea gli compare davanti un soldato nemico. Mezzo confuso ancora per l'azione dei gas, senza pensare di essere senz'armi, vi saltò addosso tentando di disarmarlo. Mentre durava la lotta parecchi altri austriaci erano comparsi dalla trincea, afferrarono il sottoscritto e lo portarono nelle linee austriache. Traversando la trincea italiana di prima linea poté vedere molti soldati italiani morti, le mitragliatrici buttate a terra abbandonate, i reticolati addirittura scomparsi ed infine cadaveri di soldati italiani giacenti fra le linee da molti mesi. Giunto nelle linee austriache fu portato al comando di battaglione del reggimento ungherese dove gli fu dato del rhum, dell'acqua minerale e, molto indicata per un asfissiato, una sigaretta!

Il conteggio finale

Ancora dalla Relazione ufficiale italiana: «Non è stato possibile fare il computo esatto delle perdite nostre e di quelle avversarie. Per quanto riguarda l'XI corpo i dati riportati nel suo diario, calcolati con approssimazione, si può ritenere ascendano a 200 ufficiali e 6500 uomini di truppa, dei quali rispettivamente circa 100 e 2600 morti, il resto asfittici e feriti. L'avversario secondo la Rel. Uff. austriaca riportò le seguenti perdite: complessivamente 23 ufficiali e 1549 uomini di truppa (dei quali rispettivamente 7 e 215 per effetto dei gas di cui 3 ufficiali morti con 206 uomini)» [8, p. 298 nota 3].

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- [1] Bargellini Guido (1932): «*Fosgene*» - Enciclopedia Italiana.
- [2] Borak J., Diller W. F. (2001): «*Phosgene exposure: mechanisms of injury and treatment strategies*» - Journal of Occupational and Environmental Medicine 43 (2), 110-9. doi:10.1097/00043764-200102000-00008 . PMID 11227628.
- [3] CDC Centers for Disease Control and Prevention – CDC 24/7: Saving Lives. Protecting People - NIOSH Home International Chemical Safety Cards (ICSC) 0007 – Phosgene.
- [4] Davy John (1812): «*On a Gaseous Compound of Carbonic Oxide and Chlorine*» - Philosophical Transactions of the Royal Society of London 102, pp. 144-151.
- [5] Angelo Del Boca (1996): «*I gas di Mussolini. Il fascismo e la guerra d'Etiopia*» - Editori Riuniti, Roma (con contributi di Giorgio Rochat, Ferdinando Pedriali e Roberto Gentilli).
- [6] OPCW (2015) - Commemoration of the centenary of the first large-scale use of chemical weapons, 21 April 2015, Ieper, Belgium.
- [7] Schneider Wolfgang and Diller Werner (2002): «*Phosgene*» in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Wiley-VCH, Weinheim, 2002. DOI: 10.1002/14356007.a19_411. Article Online Posting Date: June 15, 2000.
- [8] Ufficio storico dello stato maggiore dell'esercito (1936): L'Esercito Italiano nella grande guerra - III volume *Le operazioni del 1916* - Tomo 2° (Maggio Luglio 1916) - Narrazione – Documenti. Istituto Poligrafico dello Stato Roma.

GIULIANO DALL'OLIO*

I gas di guerra nel Primo Conflitto Mondiale

The was gases in the First World War

Summary – The chemical warfare, begun by Germany on April 1915, created new and unforeseen problems for the allied Powers. It became important also for Italy to increase the industrial production of chemical weapons developing new methods or modifying the existing ones in order to make them suitable for a large scale production. Furthermore reliable chemical methods for toxic gases detection were necessary as an important part of the individual and collective passive defense plan. For this reason chemical laboratories, direct by famous university professors of toxicological chemistry, were founded and involved in the analysis of war materials, poison gases and the hygienic protection of the army.

Key words: war gases, chemical warfare, toxicological chemistry

Riassunto – La «guerra chimica», iniziata dalla Germania nell'aprile 1915, pone alle potenze dell'Intesa nuovi e imprevisi problemi. Anche per l'Italia diventa importante potenziare la produzione industriale di aggressivi chimici, studiando nuovi metodi o modificando quelli esistenti per renderli adatti alla fabbricazione su larga scala. Sono inoltre necessari attendibili metodi chimici per il riconoscimento dei gas tossici come parte importante della difesa passiva individuale e collettiva. Vengono istituiti a questo scopo laboratori chimici, diretti da noti docenti universitari di chimica tossicologica, dedicati allo studio e all'analisi dei materiali di guerra, dei gas tossici, ed alla tutela igienica delle truppe.

Parole chiave: gas di guerra, guerra chimica, chimica tossicologica

ARMI CHIMICHE E INDUSTRIA

L'uso di armi chimiche nel Primo Conflitto Mondiale, iniziato dai Tedeschi nell'aprile 1915, mette i paesi belligeranti dell'Intesa nella necessità di apprestare rapidamente valide difese dagli effetti deleteri dei veleni e soprattutto organizzare la produzione su vasta scala di analoghi mezzi di offesa, progetti non privi di difficoltà tecniche, scientifiche, logistiche.

* Via D. Veronese, 41 - 36075 Montecchio Maggiore (VI). E.mail: giuliano.dallolio@yahoo.it

Molte sono le sostanze chimiche studiate nel corso del conflitto, ma le più adatte per l'uso bellico risultano essere: cloro, fosgene, cloropicrina e iprite [7, 9, 18]. Il cloro in particolare, oltre al suo impiego come aggressivo chimico, è essenziale «*poiché entra in tutte le sostanze usate in larga scala in questa tecnica di combattimento*» [5]. Il mezzo per privare la Germania dell'arma chimica in un futuro conflitto – ribadisce un editoriale del 1919 – sarebbe semplice: «*proibire la produzione di cloro*» [5].

Va sottolineato che la maggior parte dei gas di guerra era già nota prima dell'inizio delle ostilità, utilizzata per scopi pacifici. L'industria chimica europea, quella tedesca in particolare, produceva grandi quantità di cloro e fosgene, il primo come coprodotto degli impianti elettrochimici cloro-soda, il secondo prevalentemente per l'industria dei coloranti. Felice Garelli (1869-1936), professore di Chimica Tecnologica al Politecnico di Torino, nel 1919 afferma: «*L'industria dei gas asfissianti si collega in special modo a quella dei prodotti organici: niuna meraviglia pertanto che la Germania fosse da tempo preparata alla produzione industriale di quantità ingenti di questi nuovi mezzi di attacco*» [7].

Durante la guerra vengono prodotte dai paesi belligeranti circa 190.000 tonnellate di aggressivi chimici (Fig. 1) [17].

«*In Italia ad onta delle difficoltà molto maggiori costituite dalla mancanza di grande industria chimica dei corpi organici, dello scarsissimo numero di chimici, per di più spesso male utilizzati, sorsero, abbastanza rapidamente, grandi impianti per la fabbricazione industriale del cloro, del fosgene, della cloropicrina, i tre tossici che vennero, dal nostro esercito, impiegati in maggior proporzione (...)*» [7].

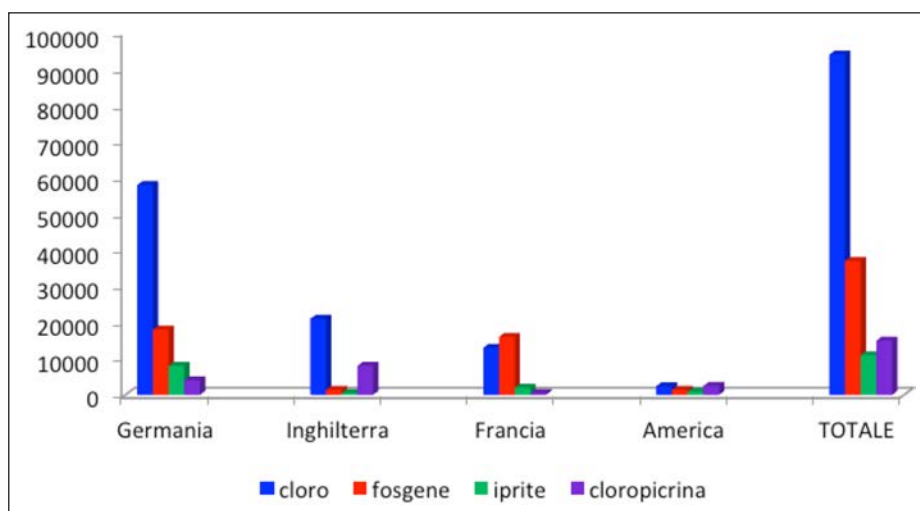


Fig. 1. Prima Guerra Mondiale. Produzione aggressivi chimici (ton) [17mod.].

Era necessario quindi una sostanziale riorganizzazione delle risorse per studiare nuovi processi di sintesi, modificare quelli già noti e accrescere l'industria per impiego bellico «*con ingegnose disposizioni di apparecchiature per produrre quantità ingenti di sostanze straordinariamente pericolose, pur tutelando efficacemente la sicurezza degli addetti a queste lavorazioni*» [7].

Vengono attivate e potenziate fabbriche già esistenti prima della guerra e costruite di nuove: Ditta ing. Vitale, Rumianca (Novara); Società Italiana Prodotti Azotati, Piano d'Orta (Pescara); Industrie Caffaro, Brescia; Società Elettrochimica Italiana, Bussi (Pescara); Fabbriche Italiane Materie Coloranti Bonelli, Cesano Maderno (Milano) ed altre ancora.

Tutte queste industrie producono cloro, mentre per il fosgene solo Rumianca è attiva per tutta la guerra; a Piano d'Orta e Bussi gli impianti sono completati negli ultimi mesi del 1918. Dopo l'uso dell'iprite da parte dei tedeschi (20 luglio 1917) anche in Italia, a Rumianca e a Bussi, si studiano impianti per la sua fabbricazione, collaudati però solo in prossimità o addirittura dopo l'armistizio [2].

METODI PER LA PRODUZIONE INDUSTRIALE DI GAS TOSSICI NEL PERIODO BELLICO IN ITALIA

Cloro

«*Per quanto riguarda la preparazione del cloro l'industria dei gas asfissianti non portò nuovi metodi, ma progredì certamente la tecnica dell'elettrolisi e soprattutto si perfezionarono i sistemi di liquefazione, conservazione, spedizione di quantità enormi di cloro liquido.(...) La quantità maggiore di cloro si ottiene come secondo prodotto della fabbricazione della soda caustica, durante l'elettrolisi dei cloruri alcalini; costituiva anzi un capo morto preoccupante di quell'industria elettrochimica*» [7].

La situazione cambia completamente all'inizio della guerra quando il fabbisogno di cloro aumenta fortemente.

In Italia il cloro viene prodotto utilizzando un processo di elettrolisi di una soluzione di cloruro di sodio in una cella con catodo di mercurio, ideata nel 1892 indipendentemente dai chimici Hamilton Young Castner (1858-1899) e Carl Kellner (1851-1905).

Il processo viene introdotto e sviluppato in Italia dall'ingegnere Lionello Leskovic (nato a Udine nel 1866), colonnello di artiglieria, che era stato collaboratore di Kellner a Vienna e aveva seguito gli studi di un impianto pilota in Austria e di una fabbrica in Bosnia.

Nel 1904, progetta e costruisce il primo impianto per la produzione di idrossido di sodio e cloro con il metodo Kellner nelle Industrie Elettrochimiche Caffaro e successivamente realizza una analoga installazione negli stabilimenti di Rumianca che dirigerà per alcuni anni [3].

Non si hanno dati attendibili sulla produzione di cloro negli anni di guerra: sembra «*si sia aggirata sui 90-95 mila quintali*» [16].

Fosgene COCl_2 (ossicloruro di carbonio, cloruro di carbonile)

La maggior parte del fosgene prodotto durante la guerra viene ottenuto con il cosiddetto «metodo sintetico» o «metodo catalitico», che deriva dalla reazione proposta da John Davy (1780-1868) nel 1812 e modificata nel 1878 da Emanuele Paternò (1847-1935).

La reazione avviene facendo passare un miscuglio di ossido di carbonio e cloro su opportuni catalizzatori (carbone animale o vegetale).

Il processo viene perfezionato e applicato in Italia nel 1916 nella fabbrica di Rumianca dal chimico Demetrio Helbig (1873-1955), generale del genio aeronautico.

Helbig migliora il rendimento usando come catalizzatore un carbone molto attivo, preparato con carbone animale ben purificato, polverizzato, sottoposto ad uno speciale trattamento e quindi pressato in mattonelle molto porose. Inoltre, prepara CO puro con un metodo di sua ideazione riducendo CO_2 liquida, proveniente da bombole, in uno speciale forno di coke riscaldato elettricamente per assicurare una temperatura uniforme. L'ossido di carbonio, mescolato con un uguale volume di cloro, viene inviato ad una camera di catalisi che deve essere mantenuta ad una temperatura di $125\text{ }^\circ\text{C}$ e non superiore a $150\text{ }^\circ\text{C}$ [15].

Nell'impianto, con una potenzialità di 100-120 tonnellate/mese [8], vengono prodotte, fino alla fine della guerra, 1250 tonnellate di fosgene [4].

Il «metodo sintetico» sostituisce la costosa reazione fra acido solforico fumante e tetracloruro di carbonio, proposta nel 1869 da Paul Schützenberger (1829-1897), utilizzata nei primi mesi di guerra.

Cloropicrina (CCl_3NO_2) (tricloronitrometano, nitrocloroformio)

L'Italia inizia la produzione di cloropicrina nell'autunno del 1916 all'Università di Napoli nei laboratori dell'istituto di Chimica farmaceutica diretto dal professore Arnaldo Piutti (1857-1928). Nel corso della guerra ne vengono prodotte 236 tonnellate.

Successivamente inizia la fabbricazione anche la Società Italiana Prodotti Azotati a Piano d'Orta [1].

Il metodo più utilizzato, ideato dal chimico John Stenhouse (1809-1880) nel 1848, prevede l'azione dell'acido picrico sul cloruro di calce ($\text{Ca}[\text{ClO}_2]_2$) [18], che però richiede come materia prima l'acido picrico, sostanza molto richiesta durante la guerra dall'industria degli esplosivi. Nella produzione industriale viene usato acido picrico di bassa purezza ottenuto dalle acque di lavaggio o di cristallizzazione del prodotto puro per esplosivi [8].

CHIMICA TOSSICOLOGICA

Nel corso della Prima Guerra Mondiale, diventano rilevanti i progressi della chimica non solo nella produzione industriale degli aggressivi chimici ma anche nello studio dei metodi più idonei per la loro rivelazione.

La base della difesa passiva nell'aggressione chimica infatti, è la identificazione della sostanza tossica usata dal nemico, dedotta dalle indicazioni degli organi di senso o, in modo più scientifico, utilizzando appropriati reattivi chimici «*perché si comprende come nessun mezzo di difesa sia efficace se non usato tempestivamente e se non adatto a neutralizzare l'effetto della sostanza chimica specifica usata sul campo di battaglia*» [11].

Alcuni metodi chimici di riconoscimento dei gas tossici

«Solo dai gabinetti di fisica e di chimica può venire la risposta sui processi da seguire per individuare un aggressivo, sulla natura dei materiali necessari, sulle possibili cause di errore (...)» [11].

Per l'applicazione bellica di un metodo è necessario che esso sia *sensibile*, *rapido* e di *semplice* uso in modo da poter essere impiegato in prima linea da personale senza particolare preparazione scientifica.

Questo traguardo non sempre viene raggiunto durante la guerra. Alcuni metodi di riconoscimento vengono pubblicati negli anni immediatamente successivi all'armistizio, frutto però di studi e sperimentazioni condotte durante il conflitto e che saranno poi adottati e migliorati dal Servizio Chimico Militare (istituito 1° luglio 1923).

Durante la Prima Guerra Mondiale sono comunque attivi laboratori chimici, sia in prossimità del fronte sia all'interno del Paese, per l'esecuzione di analisi quantitative più complesse che richiedono attrezzature particolari e personale specializzato, e soprattutto per gli studi sul materiale bellico del nemico e per i controlli sulla produzione nazionale dei gas venefici.

– Metodi di riconoscimento del Cloro

– Cartina amido-iodurata.

Le cartine vengono preparate immergendo strisce di carta da filtro in una soluzione di amido e ioduro di potassio. Asciugate all'aria e mantenute in recipiente chiuso si possono conservare per anni. In presenza di cloro la cartina assume una colorazione azzurra più o meno intensa a seconda della concentrazione di cloro.

Sensibilità: 14 mg/m³ di aria [18].

– Metodo della fiamma.

Test studiato dal chimico Konrad Friedrich Beilstein (1838-1906) nel 1872.

Usato durante la guerra 1814-18 per la rivelazione a distanza delle nubi di cloro [11].

Si fa arrivare la miscela gassosa in esame alla base della fiamma di una lampada a gas o ad alcool in cui è sospesa una spirale o una reticella di rame. In presenza di cloro nel campione di aria la fiamma assume un colore verde chiaro dovuto alla formazione di cloruro di rame volatile.

Sensibilità: 30 mg/m³ di aria [12].

Reazione poco specifica, si verifica con tutte le sostanze contenenti atomi di alogeno nella molecola.

– *Metodi di riconoscimento del Fosgene*

– Cartina al rossocongo.

La cartina umida in presenza di fosgene vira dal rosso al blu per la presenza dell'HCl che si forma in seguito all'azione idrolizzante dell'acqua.

– Cartina alla dimetilaminobenzaldeide e difenilamina.

Metodo studiato dagli inglesi durante la guerra [8].

Strisce di carta da filtro vengono imbevute di una soluzione alcoolica di p-dimetilaminobenzaldeide e difenilamina e poi asciugate.

La cartina reattiva bianca pronta all'uso in presenza di tracce di fosgene assume in pochi secondi una colorazione che va dal giallo all'arancio a seconda della concentrazione di fosgene.

La reazione non è specifica, interferiscono Cl₂ e HCl [11,14].

Sensibilità: 4 mg/m³ di aria [6,11,18].

– Metodo di Kling e Schmutz [10].

«1915 (...) *nécessité de constituer des moyens de caractériser et de doser l'oxychlorure de carbone dilué dans des atmosphères prélevées sur le champ de bataille* (...)» [10].

Reazione del fosgene con una soluzione acquosa satura di anilina. Si ottiene un precipitato bianco cristallino di difenilurea identificabile per la forma caratteristica dei cristalli, insolubilità in H₂O, p.f. 236 °C [10].

Sensibilità: 40 mg/m³ di aria [18].

– *Metodi di riconoscimento dell'Iprite* C₄H₈Cl₂S (solfuro di 2,2'-dicloroetile; solfuro di etile 2, 2'-biclaurato)

– Reazione con β-naftolo

L'iprite contenuta nell'aria a contatto con una soluzione alcoolica fortemente alcalina di β-naftolo produce un intorbidamento che permette la determinazione nefelometrica.

Sensibilità: 65 mg/m³ di aria [18, 19].

– Cartina allo iodo-platinato di sodio

Si prepara al momento dell'uso immergendo una striscia di carta da filtro in una soluzione acquosa di iodoplatinato di sodio. Esposta ancora umida al cam-

pione gassoso in esame in presenza di iprite passa dal colore rosso porpora all'azzurro.

Sensibilità: 22 mg/m³ di aria [18,19].

– Reattivo di Grignard [14,18,19].

Proposto nel 1918 da Victor Grignard (1861-1935).

L'aria in esame si fa passare sopra il reattivo contenente una soluzione acquosa di ioduro di sodio.

L'iprite (solfuro di dicloroetile) si trasforma, a caldo, in solfuro di diiodoetile che si separa sotto forma di un precipitato cristallino giallo.

Sensibilità secondo Grignard: 50 mg/m³ di aria (secondo altri autori 100 mg/m³) dopo 3-5 minuti di reazione [11,18].

Pietro Spica sostiene essere il solo metodo specifico «*gli altri, pur essendo molto sensibili, non possono essere ritenuti reattivi adatti che quando si sappia che siano assenti altre sostanze capaci di produrre fenomeni analoghi a quelli che l'yprite dà*» [19].

– *Metodi di riconoscimento della Cloropicrina*

– Decomposizione pirogenica.

La cloropicrina nell'aria in esame viene decomposta per mezzo del calore. Si procede poi alla ricerca del cloro nei prodotti di decomposizione con il già descritto nel metodo della fiamma di Beilstein.

Sensibilità: 55 mg/m³ di aria [6,12,18].

LABORATORI CHIMICI DI GUERRA

Laboratorio di chimica analitica dell'Ufficio Materiale Chimico di Guerra (U.M.C.G.)

Il professor Spica per far conoscere il «*reale contributo degli Italiani nella guerra mondiale – ritiene necessario – rendere di pubblica ragione tutto quello che fu fatto nel laboratorio di chimica analitica (...) contrassegnato con la sigla U.M.C.G.*», in una dettagliata relazione che presenta nell'adunanza del 22 marzo 1921 al Reale Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti di Venezia [20].

All'inizio di gennaio del 1918, su incarico del Ministero per le Armi e Munizioni, il professor Spica appronta, nei locali dell'Istituto di Chimica Farmaceutica della R. Università di Bologna, un laboratorio per analisi di «materiale bellico speciale» che funziona, sotto la sua direzione, fino alla definitiva cessazione nel settembre 1919.

Pietro Spica (1854-1929) dal 1879 è professore di Chimica farmaceutica e tossicologica all'Università di Padova.

In un mese vengono adattati tre locali dell'istituto e dotati di energia elettrica, ancora mancante, e di un gasogeno.

Il personale nel periodo di normale attività è costituito da sei ufficiali laureati in Chimica o in Chimica e Farmacia, da due inservienti specialisti e da alcuni addetti alla segreteria.

I materiali di laboratorio (sostegni, apparecchi, vetri, porcellane, prodotti chimici, reagenti, ecc.), sono presi a prestito dagli Istituti di Chimica Farmaceutica delle Università di Bologna e di Padova.

«Con queste condizioni il lavoro analitico si svolse regolarmente e attivamente per così detti "liquidi speciali" contenuti in proiettili nemici, destinati a produrre ambienti asfissianti, vescicatori, lagrimogeni, venefici; lavoro questo ingrato, oltrechè difficile, che esponeva gli analisti a gravi pericoli e che non fu esente di qualche conseguenza e di fatti patologici.

Nè furono tralasciati studi originali diretti alla ricerca di processi di analisi o di preparazione di sostanze offensive, che, usate dai nostri nemici, non venivano preparate in Italia» [20].

Nel settembre 1918 il dott. Giuseppe Velardi, chimico del laboratorio, mette a punto un processo facile ed economico per la preparazione dell'Yprite, che non viene rivelato, *«in modo da avere un prodotto tanto puro quanto quello che usavano i tedeschi contro di noi (...) processo che, se la guerra non fosse ormai per fortuna dell'umanità finita, avrebbe potuto essere adottato, nell'Italia nostra, per preparare tanto materiale da spargerne a iosa sulle schiere nemiche» [20].*

L'attività del laboratorio a Bologna è intensa fino all'inizio di novembre 1918 e dopo l'armistizio il lavoro non diminuisce poiché il Comando Supremo ordina una accurata analisi dei «liquidi speciali» contenuti nei proiettili dei depositi abbandonati dal nemico, specialmente in quei tipi di munizioni che non erano state prima esaminate.

«Ma entro il mese di gennaio 1919 il lavoro si rese talmente attenuato che credevi opportuno (...) il trasferimento dell'Ufficio da Bologna a Padova e precisamente nell'Istituto di Chimica Farmaceutica e Tossicologica della R. Università da me diretto» [20].

Durante il periodo di funzionamento del laboratorio U.M.C.G., chiamato poi laboratorio S.C.G., vengono eseguite 200 analisi descritte in 160 relazioni trasmesse al Comando Supremo, ai ministeri interessati e alle Commissioni Alleate presso il Comando Supremo italiano.

Vengono ideati protocolli analitici per l'esame e lo studio di campioni di miscele complesse, inviati al laboratorio dal Comando Supremo per indagini approfondite, che prevedono l'esame dei caratteri organolettici e fisici (stato di aggregazione, colore, odore, peso specifico, volatilità, solubilità nei vari solventi ecc.) e quindi processi per la separazione dei diversi componenti: cristallizzazione, sublimazione, distillazioni dirette o in corrente di vapore o a pressione ridotta. I componenti così separati sono identificati mediante analisi elementare qualitativa o quantitativa con i reagenti per individuare i gruppi funzionali dei composti organici [20].

Interessante la descrizione dell'esame di un campione di Iprite spedito al laboratorio il 21 maggio 1918 dalla Commissione Militare di collaudo presso le officine di Bussi.

Il composto viene studiato e confrontato con iprite contenuta in proiettili tedeschi: «*l'azione sulla cute era più lenta, limitata solo a leggero arrossamento, senza molestia*». All'analisi viene riscontrata una quantità di iprite non superiore al 15-16% [20].

È da ricordare che all'epoca la produzione di iprite in Italia è ancora ad uno stadio sperimentale.

Laboratorio chimico della 3^a Armata

Il Laboratorio chimico della 3^a Armata viene fondato a Cervignano del Friuli nel settembre 1915 da Efisio Mameli che lo dirige per tutta la guerra [13].

Efisio Mameli (1875-1957) è aiuto di Chimica all'Università di Pavia, sarà professore di Chimica farmaceutica a Parma e quindi, cattedratico di Chimica farmaceutica e tossicologica a Padova.

Il laboratorio di Cervignano, a ridosso del fronte, viene individuato dal Comando Supremo come centro di consulenza sul campo.

Concepito all'inizio della guerra come struttura mobile è dotato di materiale ridotto al puro necessario, predisposto per essere trasportato, montato e smontato con facilità. Le sue funzioni sono limitate a quelle strettamente necessarie nelle zone di operazione.

La variazione della tipologia del conflitto sia come estensione di territorio, di masse combattenti e soprattutto di guerra di trincea, rende stabili servizi amministrativi, ospedali, tribunali militari, ecc. «*Naturalmente anche la fisionomia dei laboratori di guerra subì una corrispondente modificazione; anche essi da nomadi, come erano stati ideati, divennero stabili. (...) Da organi scientifico tecnici, a disposizione delle Direzioni di sanità di armata per la tutela igienica delle truppe, taluni si trasformarono in veri e propri laboratori speciali d'analisi e di ricerche (...) con attribuzioni molto più vaste (...)*» [13].

Attiva la collaborazione chimico-clinica, chimico igienica e chimico-legale con la Direzione di Sanità di Corpo d'armata, ospedali da campo, tribunali militari, comandi vari, che si esplica con l'analisi di urine, secrezioni, medicinali, materiale autolesionista, perizie tossicologiche ecc. «*fino ad affrontare sia ricerche originali di laboratorio come ricerche tecniche sul teatro di guerra*» [13].

Un problema che si presenta subito al Laboratorio della 3^a Armata è quello degli aggressivi chimici che prevede attività di difesa collettiva delle truppe «*che assorbì prevalentemente la direzione del Laboratorio e determinò la speciale fisionomia che l'istituzione prese e mantenne in seguito, sia nel lavoro di laboratorio, che nell'attività del suo personale*» [13]. Impegni rivolti all'analisi del materiale asfissiante, controlli di maschere protettive, «*rivelatori e mezzi di prelevamento di gas,*

(...) *molti di tali esami riguardano il materiale nemico, specialmente gas asfissianti, sostanze lacrimogene, maschere, respiratori, proiettili speciali*» [13].

Dal luglio 1916 il personale del laboratorio deve provvedere anche all'istruzione dei primi ufficiali destinati alle sezioni chimiche di armata, alla propaganda attraverso conferenze ed esercitazioni sul campo con i gas per convincere le truppe dell'efficacia dei mezzi di protezione individuale e collettiva e alla loro istruzione sul comportamento e sui provvedimenti più urgenti in caso di attacco nemico con gas asfissianti. E tutto ciò «*su tutto il fronte della guerra dallo Stelvio al mare*» [13].

Nei primi mesi del 1917, il Comando Supremo stabilisce che il Laboratorio chimico della 3^a Armata «*deve considerarsi, nella zona di guerra, come l'ente centrale consultivo in materia di chimica*» [13].

Nell'ottobre 1917, con la disfatta di Caporetto, il laboratorio viene spostato nello stabilimento della «*Fabbrica di candele di Mira*», la cui produzione era stata da poco trasferita a Roma per la troppa vicinanza al fronte.

Il laboratorio resta a Mira (VE) fino a tutto il 1918 per tornare a Cervignano il 2 gennaio 1919 dove viene chiuso dopo due mesi.

CONCLUSIONI

La Prima Guerra Mondiale, la Grande Guerra, è ricordata anche con il nome di «*guerra dei chimici*», per il grande coinvolgimento che ebbe la chimica soprattutto per quanto riguarda le armi chimiche, la loro produzione industriale, e le implicazioni chimico-tossicologiche nella protezione individuale e collettiva delle truppe combattenti.

Anche se il numero di decessi e invalidità ascrivibili agli aggressivi chimici è percentualmente molto basso rispetto a quelli imputabili ad agenti vulneranti convenzionali, notevole è stato l'effetto psicologico degli attacchi con gas tossici sui soldati e sulla popolazione civile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bargellini G., 1931. *Cloropicrina*. «Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti», Istituto Enciclopedico Italiano, Roma.
- [2] Cappellano F., Di Martino B., 2006. *La guerra dei gas*, Rossato, Novale (VI).
- [3] Coppadoro A., *Lionello Leskovic*, http://www.chimica.unipd.it/gianfranco.scorrano/pubblica/la_chimica_italiana.pdf
- [4] Corelli R.M., *Demetrio Helbig*, http://www.chimica.unipd.it/gianfranco.scorrano/pubblica/la_chimica_italiana.pdf
- [5] Editoriale, 1919. *Chlorine manufacture in Germany*, «The Journal of Industrial and Engineering Chemistry», 11, 90-91.
- [6] Fieldner A.C., Oberfell G.G., Frague M.C., 1919. *Methods of testing gas masks and adsorbents*, «The Journal of Industrial and Engineering Chemistry», 11, 519-524.
- [7] Garelli F., 1920. *I gas velenosi impiegati nella guerra e loro fabbricazione industriale*. «Annuario di Chimica Scientifica e Industriale», UTET, Milano.
- [8] Giua M., Lollini C., 1940. *Dizionario di Chimica Generale e Industriale*, UTET, Torino.
- [9] Haber L.F., 1986. *The Poisonous Cloud. Chemical Warfare in the First World War*, Clarendon, Oxford.
- [10] Kling A., Schmutz R., 1919. *Caractérisation et dosage de l'oxychlorure de carbone*, «Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences», 168, 773-776.
- [11] Izzo A., 1938. *Guerra chimica e protezione antigas*, HOEPLI, Milano.
- [12] Lamb A.B., Carleton P.W., Hughes W.S., Nichols L.W., 1920. *The copper flame test for halogen in air*, «Journal of the American Chemical Society», 42, 78-84.
- [13] Mameli E., 1922. *Il laboratorio chimico della terza armata*, «Giornale Medicina Militare», 3, 117-130.
- [14] Mameli E., 1927. *Tossicologia di guerra*. In: Guareschi I., *Nuova Enciclopedia di Chimica*, Torino, UTET.
- [15] Molinari E., 1919. *Trattato di chimica generale ed applicata all'industria. Chimica Inorganica*. Vol. 1 parte II, Hoepli, Milano.
- [16] Ruzzenenti M., 2001. *Un secolo di cloro e ...PCB. Storia delle industrie Caffaro di Brescia*. Jaca Book, Milano.
- [17] Ryan T.A., Ryan C., Seddon E.A., Seddon K.R., 1996. *Phosgene and related carbonyl halides*. Elsevier, New York.
- [18] Sartori M., 1939. *Chimica delle sostanze aggressive*, Hoepli, Milano.
- [19] Spica P., 1918-1919. *Sul solfuro di etile 2,2'-biclaurato*, «Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti», 78, 197-199.
- [20] Spica P., 1920-1921. *Il laboratorio di Chimica analitica dell'U.M.C.G.*, «Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti», 80: 917-1005.

SILVIA SELLERI* – CECILIA BARTOLI* – MARCO FONTANI**

Angelo Angeli (1864-1931) e la «Commissione per lo studio delle maschere di difesa»

Summary – In 1914 (Italy entered the war only one year later), the World experienced the first massive war between «Civilized Countries». National armies made use of the most modern and deadly weapons. Among these inventions it is worth mentioning the «chemical warfare agents» or «chemical weapon agents». In perpetual antagonism between offensive and defensive weapons, chemists who designed poison gasses – to kill opponents – were called to devise defensive systems to protect themselves from their own discoveries: gas masks were born. The pivotal character of the present narration is Angelo Angeli (1864-1931) [17], professor of organic chemistry in Florence.

Key Words: Angelo Angeli, World War I, Gas Masks

Riassunto – Degli eventi che hanno caratterizzato gli anni della prima guerra mondiale crediamo purtroppo che si sia scritto più di quanto sia stato letto. Ossia che gli autori – e le opere – siano quasi altrettanti di quanti i lettori, molti dei quali hanno letto soltanto per scrivere a loro volta.

Nel maggio 1915 l'Italia entrava in guerra: chiamate operazioni di polizia, colonizzazione o semplicemente «interventi armati», questa era la sua sesta guerra dalla nascita come stato unitario: contro l'Austria, 1866; lo Stato Pontificio, 1870, l'Abissinia, 1896; la Cina, 1899, l'Impero ottomano, 1911. Un infelice primato per una nazione diffusamente povera. Fu chiamata da alcuni storici Grande Guerra, da altri IV Guerra d'Indipendenza ma, comunque la si volesse chiamare, il numero delle vittime fu immane. Nel 1914 il mondo sperimentò la prima guerra di massa tra «paesi civili»; e gli eserciti nazionali si avvalsero delle armi più moderne e micidiali. Tra queste invenzioni del genere umano non potevano mancare le armi chimiche. E nel perenne antagonismo tra armi di offesa e di difesa, i chimici che progettavano i gas velenosi per sterminare gli avversari erano chiamati ad escogitare sistemi difensivi per proteggersi dalle loro stesse scoperte. Nacquero le maschere antigas. Il personaggio cardine della presente narrazione è Angelo Angeli (1864-1931) [17], professore presso l'Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento di Firenze.

Parole chiave: Angelo Angeli, maschere antigas, Prima Guerra Mondiale

* Neurofarba, Università degli Studi di Firenze, via Ugo Schiff, 6 Sesto Fiorentino (FI).

** Dipartimento di Chimica «Ugo Schiff», Università degli Studi di Firenze, via della Lastruccia, 13 Sesto Fiorentino (FI). E-mail: marco.fontani@unifi.it

La difesa individuale presso l'Esercito Italiano

A pochi mesi dell'apertura delle ostilità, sia sul fronte orientale che su quello occidentale, i belligeranti iniziarono un nuovo sistema di guerra a base di aggressivi chimici. Il problema della difesa si presentò subito molto imponente e complicato, specie a causa della varietà e della molteplicità dei prodotti adoperati. Si può affermare che per la durata di tutto il conflitto, la guerra chimica non fu che una lotta continua tra l'impiego di un nuovo e inatteso aggressivo e la ricerca del mezzo adeguato di protezione. Secondo statistiche «alleate», con il progredire del servizio chimico di difesa e l'impiego principalmente di maschere antigas – indipendentemente dalla novità dell'aggressivo e dalla quantità del suo utilizzo – la mortalità andò man mano abbassandosi, così che dal 35% di casi mortali registrati sul numero totale di uomini investiti dal gas tossico, nel 1915, si passò al 18% nel 1916, 6% nel 1917 e infine al 2% nel 1918.

Tutti i belligeranti si dedicarono allo studio per la realizzazione di mezzi di protezione del proprio esercito e delle popolazioni civili presenti nelle zone di guerra. Inoltre, una volta accertata l'estrema utilità dei mezzi di difesa per l'uomo, essa fu estesa anche agli animali in servizio presso gli eserciti: cavalli, muli, cani e piccioni messaggeri. Non solo: la difesa chimica abbracciò altri e più ampi settori quali i mezzi per bonificare i terreni, l'atmosfera, i vestiri e le derrate alimentari.

In Italia, fin dai primi giorni di guerra, il professor Icilio Guareschi (1847-1918), nella Conferenza tenuta il 14 giugno 1915, presso la sede dell'Associazione Chimica Industriale di Torino, nel trattare quali gas asfissianti avrebbero potuto trovare applicazione in guerra, non mancò di occuparsi altresì dei «mezzi di difesa individuale del soldato», meglio illustrando le sue vedute di carattere generale, già esposte alla «Commissione torinese per lo studio dei gas asfissianti e mezzi di difesa» riunitasi la prima volta il 29 maggio 1915 sotto la presidenza dell'Ing. Vittorio Sclopis (1844-1918) [10].

In quella occasione Guareschi, nel fare una rassegna degli eventuali gas utilizzabili in guerra, fermò la sua attenzione sul fosgene e convenne con i presenti che l'uso di una maschera di protezione degli organi respiratori non poteva ritenersi completa senza un «corredo di occhiali».

La prima maschera protettiva era molto rudimentale e risultava costituita da semplici strati di mussola di cotone impregnati di soluzione alcalina (iposolfito e carbonato di sodio). Questo tipo di maschera era grossomodo quella adottata dai tedeschi il 22 aprile 1915 sul fronte occidentale. Di questo tipo se ne trovavano (poche in realtà) presso il R. Esercito sul Carso, nel settore di Monfalcone e alle Cave di Selz.

Dopo l'entrata in guerra dell'Italia, alcune maschere antigas in dotazione all'esercito avversario¹ furono recuperate e il respiratore di una di queste fu inviato al

¹ La scarsità di sufficienti maschere antigas era un problema che affliggeva anche l'esercito austro-ungarico, tant'è che esse erano in dotazione solo agli ufficiali mitraglieri e ai reparti di assalto.

professor Angelo Angeli per una completa analisi chimica che dette i seguenti risultati: il primo strato, 70 g, di granuli di mattone e polvere di carbone, carbonato di potassio e ossido di mercurio. Il secondo strato, 35 g, di granuli di carbone e urotropina; il terzo strato, 29 g, granuli di mattone, urotropina e ossido di mercurio.

L'urotropina, meglio nota come esametilentetrammina, prodotta facendo reagire formaldeide con ammoniaca ha una struttura a gabbia con simmetria tetraedrica, simile all'adamantano. Angeli dimostrò che essa serviva ad arrestare il fosgene; il mercurio allo stato di ossido era impiegato con una certa misura per neutralizzare il bromuro di cianogeno (BrCN), nonché il fosgene [10].

Il 4 Agosto 1915 si riuniva la Commissione per lo studio e l'eventuale adozione di «congegni a gas asfissianti», della quale Angelo Angeli non fece parte.

Con l'istituzione del Ministero Armi e Munizioni, fu nominata una «Giunta permanente» costituita da sei commissioni e presieduta dal Sottosegretario alle Armi e Munizioni e dai Tenenti-Generali Claudio Sforza e Filippo Rho (1856-1935);

- La prima commissione aveva lo scopo della ricerca di nuovi gas e di condurre su di essi le esperienze relative al loro impiego; era presieduta dal Senatore Professor Emanuele Paternò (1847-1935).

- La seconda commissione, «Studio delle maschere di difesa» era presieduta dal professor Angelo Angeli (1864-1931) del Regio Istituto di Studi Pratici e di Perfezionamento di Firenze, mentre la controparte militare era rappresentata dal Capitano Chimico-Farmacutico, Dott. Giuseppe Cappelli².

- La terza commissione per «l'analisi dei gas usati dal nemico» era presieduta dal Professor Pietro Spica (1854-1929).

- La quarta commissione per «i fumogeni e le sostanze e le bombe incendiarie» era composta dall'Ingegnere Cattaneo e dal Dottor Poma.

- La quinta commissione, per «l'ispezione della produzione degli stabilimenti di materiale bellico dal punto di vista scientifico», era presieduta dal Professor Giacomo Ciamician (1857-1922).

- La sesta commissione per il «collegamento tra le Nazioni Alleate» era diretta dal Senatore Professor Emanuele Paternò.

Verso la fine della guerra, pur restando in carica la «Giunta permanente», fu evidente l'opportunità e l'importanza di consolidare l'esperienza maturata con l'istituzione di nuovi uffici, sotto la responsabilità di personale esperto e qualificato, fra i quali la «Commissione permanente per lo studio delle maschere e protezioni», presieduta dal prof Angeli [10]. Fu proprio questa commissione insieme al Mini-

² Nato a Montecatini Val di Cecina l'11 novembre 1889, si diplomò in farmacia nel 1910 e successivamente conseguì la laurea in chimica presso l'Università di Roma, dove fu allievo di Cannizzaro e di Paternò. Insegnante di chimica farmaceutica presso la Scuola di Sanità Militare. Partecipò alla guerra di Libia, come volontario, ed alla prima guerra mondiale. Fu decorato con due croci di guerra. Passato nel ruolo della Riserva nel 1946, poco dopo fu colpito da un male incurabile chiudendo la sua parentesi terrena il 15 febbraio 1953.

stero Armi e Munizioni ad avere l'incarico di provvedere alla realizzazione di contratti per la produzione dei mezzi di protezione, attingendo largamente dagli stabilimenti civili preesistenti allo scoppio della guerra. La mussola per le maschere veniva prodotta riconvertendo alcuni cotonifici del nord Italia; il cellophane o «idrocellulosa» per gli occhiali fu un monopolio degli Stabilimenti Viscosa di Pavia. In quanto alle maschere complete l'Esercito commissionò la produzione a ditte lombarde, emiliane o piemontesi con l'unica eccezione della Targioni & Candi di Firenze [10].

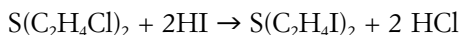
Purtroppo, la produzione nazionale non eguagliò mai quella dell'*Entente*, né per quantità né per qualità. Infatti, nonostante che nel 1915 l'Esercito Italiano fosse stato equipaggiato di una maschera antigas del tipo Ciamician-Pesci, costituita da dieci strati di garza imbevuti di soluzione di carbonato di sodio e potassio, successivamente soppiantata da modelli più innovativi, la disfatta di Caporetto mise tragicamente in luce l'inadeguatezza dei manufatti nazionali. Fu così che dal gennaio 1918 il Comando Supremo iniziò a dotare l'Esercito del «respiratore inglese a filtro SBR» che poteva vantare titoli di superiorità rispetto a tutte le maschere di produzione italiana. Il 15 giugno 1918, durante l'ultima offensiva austriaca, le difese italiane furono investite da 600.000 proiettili di bromuro di cianogeno e bromoacetone, ma l'impiego massiccio dei nuovi dispositivi consentì al nostro esercito di limitare fortemente gravi e pericolose perdite.

L'organizzazione italiana per la difesa da yprite

L'yprite (o iprite) notoriamente viene portato a simbolo del gas più letale impiegato nella prima guerra mondiale. La sorpresa dell'impiego dell'yprite e le difficoltà pressoché insuperabili per conseguire una difesa efficace contro di essa obbligano a trattare questa molecola separatamente da tutte le altre impiegate come gas venefici. L'yprite, nell'accezione IUPAC, solfuro di 2,2'-diclorodietile, nota nel mondo anglosassone col nome di gas mostarda, attacca oltre al sistema respiratorio anche l'epidermide, risultando così anche un terribile agente vescicante. Se gli sforzi dei chimici, al pari di Angeli, di proteggere adeguatamente le vie respiratorie fu più o meno fattibile, la protezione dell'epidermide costituì un problema pressoché insolubile [8]. L'yprite penetrava con facilità attraverso i tessuti delle uniformi, delle mollettieri e perfino delle scarpe. Inoltre l'yprite è un aggressivo subdolo, ad azione differenziata, si manifesta dopo molte ore da che un fante ne veniva a contatto. I respiratori inglesi «SBR» e francesi «Tissot» si prestavano meglio degli italiani alla difesa dell'intero viso, ma per l'intera persona, specie per le zone più delicate dell'epidermide come le ascelle e i genitali occorre approntare ulteriori precauzioni che spesso si rivelarono di difficile applicazione. Vennero adottati speciali pezzuole impermeabili di tessuto morbido; a volte costumi interi, sopravvesti, gabbani e perfino scafandri.

Studiosi italiani si affiancarono da subito ai colleghi stranieri per individuare

test chimici che potessero rilevarne la presenza. Il primo test, forse il più utilizzato oltralpe, si basa sulla reazione di Grignard; tuttavia esso non era specifico e presenze di alogeni potevano falsare il risultato. Inoltre al di sotto dei 50 mg/m³ questo metodo perdeva di sensibilità [7]. Veniva utilizzata una soluzione acquosa fresca di acido iodidrico; l'yprite con esso dava luogo ad precipitato giallo (solfuro di iodio etile) secondo la reazione:



Per contro il metodo di Yablich [7, 18], veniva utilizzato dal servizio chimico americano in guerra; tracce di yprite fanno precipitare da una soluzione solforica di acido selenioso, del selenio amorfo di colore rosso. Tale la reazione è sensibile già con 0,005 mg per litro di aria, ma non è specifica perché risulta positiva anche in presenza di aggressivi chimici a base di arsenico.

L'attrezzatura portatile di largo utilizzo fu il così detto apparecchio Draeger-Schroeter nel quale del gel di silice impregnato di una soluzione di permanganato di potassio dal color rosa vira al bruno scuro sotto l'azione di una corrente di aria inquinata da yprite. La reazione non è specifica e la sensibilità è di 7 mg/m³. Il cloruro d'oro al posto del permanganato fu in seguito utilizzato rendendo il metodo di riconoscimento assai più selettivo [7, 9].

Per quanto riguarda il nostro Paese, il professor Pietro Spica (1854-1929) [7, 16] studiò due reattivi per il riconoscimento dell'yprite; il primo ricorreva ad una soluzione acetica in acqua ossigenata al 30% in volume e l'altra ad una soluzione contenente del monosolfuro di sodio. Tuttavia di questi due reattivi non si conosce la sensibilità.

Il professor Angelo Angeli, esperto da decenni della chimica organica dell'azoto, studiò un indicatore per il riconoscimento dell'yprite basato sull'impiego di una soluzione stabile di un «di-azoidrato normale», il quale agiva come blando ossidante del gas, rivelandone la presenza per via cromatica [7, 14].

Durante la prima guerra mondiale furono utilizzate delle vernici gialle al cromo o altri prodotti che diventavano, a seconda della composizione ed in presenza di yprite, o rosse o nere. Tali vernici più che per scopi difensivi venivano impiegate dagli artiglieri per esaminare l'ermeticità dei proiettili contenenti l'yprite stessa.

Oltre alle maschere antigas furono sviluppati indumenti anti-ypritici, distribuiti non a tutti i combattenti ma solo a reparti speciali. Presso l'Esercito italiano, nei primi mesi di guerra si adottarono mezzi di fortuna. In seguito l'unico chimico ad interessarsi di questo problema fu Angelo Angeli. Egli studiò un tessuto convenientemente trattato con gelatina a base di cromo, col quale si apprestarono migliaia di capi di abbigliamento, muniti di cappuccio e di protezione supplementare per le parti più delicate del corpo. Vennero adottati calzettoni dello stesso tessuto per le truppe che dovevano rimanere a lungo in una trincea o su un suolo contaminato. Questi calzettoni furono anche utilizzati dalle truppe che a fine guerra furono impiegate nel «risanamento» dei terreni colpiti da yprite.

Il tessuto delle uniformi proposto da Angeli si componeva di due strati di tela gommata, tra i quali era interposta una sostanza chimica neutralizzante. Angeli si accorse che questo tessuto era dotato di una elevatissimo potere difensivo ma era al tempo stesso impermeabile all'aria. Questo inconveniente rendeva impacciati gli uomini nei loro movimenti se non addirittura vi soffocavano dentro, specialmente in marcia durante l'estate. Per ovviare a questo gravissimo inconveniente, furono successivamente compiuti studi presso il Laboratorio Sperimentale del Servizio Chimico Militare che portarono alla realizzazione di un protettivo costituito da un panno di lana in doppio strato, le cui superfici interne erano trattate con una pomata neutralizzante a base di grasso o vasellina e cloruro di calcio.

I colpiti da yprite venivano spogliati ed immersi in un bagno di una soluzione di permanganato di potassio al 4%, acidificata con acido solforico 1%. Per gli occhi, il trattamento era un lavaggio ripetuto con una soluzione oftalmica di bicarbonato di sodio al 2% in acqua.

La Commissione di difesa presieduta da Angeli propose che i fucili fossero custoditi in tele cerate e, se contaminati, prescriveva di lavarli in due passaggi: prima con una soluzione di acqua bollente e successivamente con una di acqua e alcol. Al termine dell'operazione di pulizia le armi avrebbero dovuto essere re-ingrassate. Per gli indumenti contaminati Angeli prescrisse la loro raccolta in sacchi impermeabili e la disinfezione in stufe dove sarebbero stati irrorati con vapor d'acqua a 90° C. Il successivo lavaggio con un soluzione di ipoclorito di calcio o di permanganato di potassio al 4 per mille (o in alternativa in solfuro di carbonio e ammoniacca) avrebbe portato ad una completa bonifica dei capi. Gli alimenti contaminati, contrariamente a quanto ci si poteva attendere, non venivano gettati via. Fu stabilito che essi si sarebbero «risanati con una prolungata cottura di almeno un'ora». La commissione presieduta da Angeli approntò sistemi di ventilazione e filtraggio dell'aria per luoghi chiusi che mal si prestavano alla disinfezione con ipoclorito: comandi, uffici e ospedali da campo. Per questa difesa, sulla linea del fronte più accessibile furono attrezzati treni anti-yprite corredati di tutti i mezzi chimici atti a contrastare l'azione vescicatoria del gas.

L'occultato servizio di Angeli presso la Marina, la sua assenza da Firenze e la «contesa eredità»

Solo in apparenza Angeli fu un uomo schivo, sempre assorto nei suoi sogni di scienza; durante la Grande guerra fu arruolato e posto a capo della Commissione Esplosivi e fece parte della Comitato per la difesa dagli aggressivi chimici. Prestandosi ad andare laddove era richiesta la sua competenza, Angeli fu «arruolato» all'inizio del conflitto dalla Regia Marina, sebbene questo suo impiego sia assai meno noto e scarsamente documentato del suo lavoro prestato per il Regio Esercito [4].

È cosa appurata che Angeli non si interessò allo studio delle maschere antigas per la Marina, poiché tale compito fu affidato al dottor Cesare Serono (1871-1952)

il quale assieme al suo assistente, Trocello, giunsero a fissare un tipo di maschera che porta il loro nome.

Il 27 settembre 1915 la città di Brindisi si apprestava a vivere una quotidianità come tante altre. Al porto c'erano diverse navi ormeggiate, con i marinai occupati a svolgere le loro abituali mansioni. Sulla banchina si erano radunate un buon numero di persone per assistere al suggestivo rito dell'alzabandiera. Proprio mentre attaccavano le note dell'inno nazionale ci fu un boato che fece tremare l'intera città: la nave esplose e la tremenda onda d'urto proiettò tutt'intorno poveri corpi senza vita e lamiere contorte. Il bilancio in vite umane fu terribile: 433 marinai e 23 ufficiali. Fu subito esclusa l'eventualità di un'azione dei sommergibili nemici, in quanto il porto era chiuso da una rete metallica risultata integra ai successivi controlli. La commissione d'inchiesta della quale fece parte Angelo Angeli non confermò la causa dell'esplosione, tuttavia esclude la combustione spontanea degli esplosivi³. Antonio Caputo [5] valorizza la tesi della «tragedia annunciata», ovvero la vicinanza della sala macchine alla santabarbara: il calore prodotto dai motori non veniva sufficientemente disperso dai ventilatori, inadeguati ed in numero insufficiente, ciò avrebbe provocato l'autocombustione della balistite presente nei locali. A conferma di questo nei giorni seguenti fu ordinato, dal comandante della piazzaforte marittima di Brindisi, lo sbarco della balistite anche dalle altre navi. Oggi-giorno, tuttavia, l'ipotesi più accreditata in ambiente militare è quella del sabotaggio⁴.

Assente da Firenze per i lunghi anni della guerra – si ha documentazione certa del suo esonero dall'insegnamento universitario dal 1916 al 1921 – Angeli trascorse molto del suo tempo a Roma presso il ministero della Marina, «Direzione Gen.^{le} di Artig.^{ia} ed Armamenti» [3] in via Treviso, 7. Il Ministro della Marina, già a fine 1915, incontrando i membri della Commissione sugli esplosivi così si esprime: «A lei, Professore, che si è particolarmente distinto, esponendosi ad esperienze pericolose per l'incolumità personale, rivolgo il saluto riconoscente della Marina la quale non ignora come il valore non rifugga dai campi sereni della scienza» [4].

Assente Angeli da Firenze in quanto impegnato a Roma ed in Italia nelle varie commissioni Esplosivi e Maschere di Difesa fu chiamato a sostituirlo un giovane chimico, certamente brillante ma anche ambizioso, Nicola Parravano (1883-1938), destinato a diventare nell'immediato dopoguerra la figura di riferimento del fascismo nella chimica italiana. A tale proposito ci sono giunte testimonianze di uno degli ultimi allievi di Schiff, Pietro Saccardi (1889-1981) poi Magnifico Rettore dell'Università di Camerino [15]:

³ Come accennato precedentemente non è stato possibile trovare alcun documento che attesti ciò presso l'archivio storico della Marina; l'attività di Angeli è stata con tutta probabilità coperta da segreto militare. L'affermazione fatta dagli autori si basa sulla testimonianza orale di un docente di chimica dell'Università di Firenze, Piero Sarti-Fantoni che ringraziamo.

⁴ Personale comunicazione del Colonnello Filippo Cappellano (Direttore Archivio Ufficio Storico S.M.E.) a Marco Fontani.

Un anno (mi pare il 1926, se non erro) andai al Congresso delle Scienze a Perugia. Ivi incontrai Parravano che non conoscevo e che mi assalì con violenza: Ah, lei è quello che ha istituito la Facoltà di Chimica a Camerino? Sappia che nulla si fa in Italia senza il consenso di Parravano [...] Occorre premettere che Parravano, più politico che scienziato, ce l'aveva con Angeli fino a combatterlo, per gelosia, con armi disoneste; Angeli, molto scienziato e punto politico, fu da lui sempre combattuto fino ad ostacolargli il laticlavio⁵.

Anche tra Guido Cusmano, l'allievo di Schiff, e Nicola Parravano, se non vi era un'aperta ostilità, certamente covava del risentimento per la chiamata a Firenze di quest'ultimo.

Nel 1915 Parravano ottenne la cattedra di Chimica-Fisica presso l'Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento di Firenze. Il periodo a Firenze, se si considera la parentesi della guerra, fu di breve durata: dalla morte di Ugo Schiff, avvenuta nel 1915, al 1919. Negli anni dieci a Firenze la ricerca chimica aveva segnato il passo. Augusto Piccini (1854-1905) era prematuramente scomparso da qualche anno, Schiff era un «vecchione della fluente barba», di quasi ottanta anni, onnipresente in laboratorio ma mentalmente e fisicamente impedito per contribuire con vigore a nuove scoperte: la Grande Guerra poi aveva richiamato molte «menti» al fronte. Parravano trovò al suo arrivo a Firenze un Istituto semi deserto. Anche se non ci fossero stati i disagi logistici, il carattere del nuovo arrivato avrebbe fatto intendere che la sede fiorentina sarebbe stata una Università troppo periferica per la sua indole irrequieta [6].

Inoltre Parravano, durante il breve soggiorno a Firenze, aveva sobillato l'amministrazione centrale dell'Istituto con un crescente numero di richieste di rimborsi e di aumento di stipendio[11]. Lo scambio epistolare era culminato con un insulto all'alto funzionario, accusandolo di avere tra i suoi ranghi «persone che sapevano poco leggere e scrivere» [12]. Fu così che Parravano, avendo trovato un Istituto sguarnito al suo arrivo nel 1915, restituì ad Angeli, dopo il quadriennio di gestione, un laboratorio le cui modifiche erano state apportate unicamente dal tempo e dall'incuria.

Il lavoro infaticabile e l'abilità tecnico-scientifica di Angeli fu riconosciuta dai comandi militari ben prima della conclusione del conflitto. Il 17 settembre 1917, Tommaso di Savoia (1854-1931) duca di Genova, – in vece del cugino Re Vittorio Emanuele III (1869-1947) – nominava «in virtù delle particolari benemerienze» Angelo Angeli cavaliere dell'Ordine della Corona d'Italia.

Come abbiamo precedente sottolineato, dopo la disfatta di Caporetto, Angeli fu nominato Presidente della Commissione per lo studio dei mezzi protettivi contro i gas tossici. Al termine del conflitto gli vennero riconosciuti il diritto alle campagne militari per gli anni 1915-'16-'17-'18 e poté fregiarsi della croce di guerra.

⁵ Angeli non fu mai eletto Senatore del Regno carica, all'epoca, non elettiva ma di nomina regia.

Il generale Armando Diaz (1861-1928) Capo di Stato Maggiore dell'Esercito italiano, a guerra terminata, si recò personalmente a conoscere Angeli, nel laboratorio esplosivi a Roma [4] e volle congratularsi personalmente con lui. Diaz in un rapporto allo Stato maggiore Generale dell'Esercito riassunse l'opera di Angeli: «Durante la guerra fece parte della Commissione Centrale dei gas asfissianti e sviluppò in tale epoca, con sicura visione dei fini da raggiungere, difficili e pericolose indagini, così da definire, come il momento richiedeva, mezzi e sistemi di difesa che si dimostrarono efficacissimi sul campo di battaglia» [4].

Angeli non abbandonò immediatamente i problemi legati alla difesa nazionale fino al 15 ottobre 1921 [3] e nel 1926 il capo del Governo, Benito Mussolini (1883-1945), gli inviò un telegramma: «Mi è oltremodo grato comunicarLe che il Comitato degli Ammiragli in seduta plenaria del 17 Ottobre in considerazione della sue preclari doti civiche e scientifiche [...] Lo ha nominato, all'unanimità, alto Consulente tecnico scientifico della R. Marina» [4]. Due anni più tardi, Angeli ricevette la medaglia d'oro per i singolari servizi prestati alla Marina.

Angeli tornò all'Ateneo fiorentino nei primi anni venti e con rinnovato slancio si dedicò allo studio della chimica organica: dai neri di pirrolo [1] ai diazocomposti, dagli azo-ossi-composti alle indagini sui composti naturali, per arrivare alla teoria generale della conducibilità nei composti organici [2], precorritrice del modello di aromaticità in seguito sviluppato da Linus Pauling [13] (1901-1994) e da molti altri.

Già sofferente di insufficienza cardiaca da alcuni anni, Angeli pur avvertendo una recrudescenza della malattia, sabato 30 maggio 1931 si trattenne fino a tarda sera in laboratorio. Senza invocare alcun soccorso, lasciò l'Istituto di Chimica e rientrò alla pensione dove alloggiava fin dal 1905; si coricò ed attese la fine che sopraggiunse alle prime ore del mattino seguente. Ironicamente l'uomo che aveva salvato tante vite, con le sue maschere antigas, morì per asfissia a causa di un episodio di edema polmonare acuto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Angeli A., 1918, *Sui neri di Pirrolo*, «Gazzetta Chimica Italiana», 48(II), 21-25.
- [2] Angeli A., 1922, *Diazocomposti*, «Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, Rendiconti», 31(I), 283-93; Angeli A., 1924, *Le analogie di comportamento tra alcuni derivati del benzolo ed i corrispondenti derivati della serie alifatica*, «Memorie dell'Accademia dei Lincei», 14, 627-58; Angeli A, Poggi R., 1928, *Sulla mobilità di vari atomi alogeni II*, «Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, Rendiconti», 7, 966-9; Angeli A., 1930, *Die Theorie der Vernachlässigung des Benzolkerns*, «Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft», 63B, 1977-80; Angeli A., 1930, *Ricerche e considerazioni sopra la struttura dei diazocomposti* «Gazzetta Chimica Italiana», 60, 352-88.
- [3] Angeli A., Archivio Storico dell'Università degli studi di Firenze, 1916-1921; faldone alla voce «Angeli» per i rispettivi anni indicati.

- [4] Cambi L., 1933, *In memoria di Angelo Angeli*, «Gazzetta Chimica Italiana», 63, 527-60.
- [5] Caputo A., 2004, «Memorie brindisine», Hobos, Brindisi.
- [6] Fontani M., Orna M.V., Costa M., 2015, *Chimica e chimici e Firenze. Dall'ultimo dei Medici al padre del Centro Europeo di Risonanze Magnetiche*, Florence University Press, Firenze, pp. 73-75.
- [7] Izzo A., 1936, «Guerra Chimica e protezione antigas», Hoepli, Milano, pp. 340-44.
- [8] Nasini R., 1916, *La Chimica in Italia al presente momento*, «Annali di Chimica Applicata», 5, 125-142.
- [9] Obermiller née Goertz M., 1936, *Ein spezifischer Nachweis von Dichlordiäthylsulfid neben anderen Kampfstoffen*, «Angewandte Chemie», 49(9), 162-164.
- [10] Pagnielo A., 1928, «I grandi pilastri della guerra», Biblioteca di Scienze Moderne n. 102, Flli Bocca, Torino.
- [11] Parravano N., 1917, Archivio Storico dell'Università degli studi di Firenze, 1917, «Estratto del verbale del 19 Dicembre 1917»; faldone alla voce «Parravano».
- [12] Parravano N., 1917, Archivio Storico dell'Università degli studi di Firenze, lettera autografa del 17/7/1917. Successive risposte del Direttore Marini O., 1917, Estratto del verbale dell'Adunanza del Consiglio Direttivo del 20 Luglio 1917 e copia chirografa conforme; faldone alla voce «Parravano».
- [13] Pauling L., (6 gennaio, 1934). «Benzene», Oregon State University Libraries Special Collections: <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/bond/notes/sci2.004.6.html>, consultato 29/10/2015
- [14] Poggi A.R., 1931, *L'iprite*, «Giornale di Chimica Industriale e Applicata», 4, 188-189.
- [15] Saccardi P., 1969, dattiloscritto conservato presso il Chemical Heritage del Dipartimento di Chimica «Ugo Schiff» dell'Università di Firenze, in attesa di catalogazione.
- [16] Spica P., 1919, β, β' *Dicloro-etil solfuro*, «Gazzetta Chimica Italiana», 49, 299-302.
- [17] Spinedi P., 1961, *Dizionario biografico degli italiani*, vol. 3, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana; Fontani M., Costa M., 2004, Riassunti delle Comunicazioni della Riunione Scientifica della Soc. Chim. Italiana - Sez. - Toscana, Pisa 17 Dic. 2004, 10; Fontani M., Orna M. V., 2012, *The Shy Angel Who Missed the Nobel Prize*, «Chimica Oggi / Chemistry Today», 30(4), 58-60; Infine, un elenco completo delle 201 pubblicazioni dell'A. si trova in G. Provenzal, *Profili Biobibliografici di Chimici Italiani*, a cura dell'Istituto Nazionale Medico Farmaceutico «Serono», Roma, documento non datato.
- [18] Yablich M., Perrot G.J., Furman N.H., 1920, *Quantitative determination of traces of dichloroethylsulfide (mustard gas) in air*, «Journal of the American Chemical Society», 42, 266-274.

MARA FAUSONE* – MARCO MONTAGNANI**

I primordi della difesa italiana dagli attacchi chimici durante la prima guerra mondiale

Summary – Italy went to war in May 1915. Immediately afterwards in Turin, the problem of protecting Italian soldiers from gas warfare was faced. Two institutions, the Reale Accademia di Medicina and the Associazione Chimica Industriale, were involved in looking for answers. Two professors of the University of Turin studied new devices and new compounds in order to neutralize poison gas. Icilio Guareschi (1847-1918), professor of pharmaceutical chemistry and toxicology, and Amedeo Herlitzka (1872-1949), professor of human physiology, made two different models of gas masks. Recently, within the holdings of ASTUT, we found the prototype of the Herlitzka's celluloid gas mask, which was described in a paper in the journal of the Reale Accademia di Medicina di Torino. This paper will focus on these inventors and the solutions they adopted to solve the problem of protection from poison gas.

Riassunto – L'Italia entrò in guerra nel maggio del 1915. Immediato fu l'impegno nel cercare un rimedio al grave pericolo degli attacchi con i gas da parte del nemico. I fatti di Ypres dell'aprile 1915 avevano avuto una vasta eco e a Torino, ben consapevoli dei rischi a cui andavano incontro i nostri soldati, due istituzioni, la Reale Accademia di Medicina e l'Associazione Chimica Industriale, cercarono di risolvere il problema.

In particolare due professori universitari, il farmacologo e tossicologo Icilio Guareschi (1847-1918) e il fisiologo Amedeo Herlitzka (1872-1949) si adoperarono per mettere a punto maschere per difendersi da attacchi di tipo chimico e studiarono diversi composti per neutralizzare i gas. Di recente presso i magazzini dell'ASTUT, Archivio Scientifico e Tecnologico dell'Università di Torino, è stato ritrovato il prototipo di una maschera in celluloidi realizzata da Amedeo Herlitzka descritta in un articolo del *Giornale della Reale Accademia di Medicina di Torino*.

Alla maschera realizzata da Icilio Guareschi, che impiegava la calce sodata come sostanza neutralizzante, la competente commissione centrale di valutazione di Roma rico-

* ASTUT, Archivio Scientifico e Tecnologico dell'Università di Torino.

E.mail: mara.fausone@unito.it

** Ricercatore storico-militare e collaboratore dell'Ufficio Storico dello S.M.E.

E.mail: fiormart2002@virgilio.it

nobbe originalità e funzionalità anche se, alla fine, forse sbrigativamente, la scartò ritenendo il suo peso eccessivo. Non a caso, l'eminente scienziato ricevette, purtroppo post mortem, il plauso degli eminenti servizi chimici militari italiano e americano.

Il nostro intervento si propone di ripercorrere i primordi degli studi italiani nel campo della protezione contro gli attacchi chimici durante la prima guerra mondiale.

INTRODUZIONE

Il 24 maggio 1915 è una data tristemente nota per l'intervento dell'Italia nella prima guerra mondiale. Le altre potenze europee erano già coinvolte nel conflitto da quasi dieci mesi e nel nostro Paese l'eco degli avvenimenti era notevole: anche le terribili battaglie di Ypres con l'utilizzo dei gas velenosi erano state descritte sui principali quotidiani e periodici del tempo e riguardo ciò a Torino ben due istituzioni si mobilitarono subito, consapevoli del rischio che correavano i soldati italiani al fronte senza adeguate protezioni.

IL CONTRIBUTO DELLA REALE ACCADEMIA DI MEDICINA DI TORINO¹

La seduta del 28 maggio 1915

Il *Giornale della Reale Accademia di Medicina di Torino* nel verbale della seduta del 28 maggio 1915, quindi solo quattro giorni dopo l'ingresso dell'Italia in guerra, riporta l'intervento di un socio, il patologo Lodovico Isnardi (1859-1927), che presentò un «apparecchio per proteggere i soldati contro i gas asfissianti» [2].

Non sono giunte fino a noi immagini di questo dispositivo, ma dalla descrizione possiamo intuire che si trattasse di un facciale con un tubo che pescava in una bottiglia di Wolff contenente una soluzione acquosa di carbonato sodico. Conscio dei limiti della sua invenzione lo stesso Isnardi chiarì che sicuramente potevano esserci neutralizzanti migliori. I suoi colleghi mostrarono molte perplessità: il fisiologo Carlo Foà (1880-1971) sosteneva che tale dispositivo avrebbe affaticato il respiro e forse avrebbe neutralizzato solo una piccola parte del gas velenoso. Icilio Guareschi (1847-1918), professore di farmacologia e tossicologia, insisteva sulla necessità di approfondire gli studi e le sperimentazioni prima di arrivare ad una qualsiasi conclusione. Un elemento curioso fu il fatto che Guareschi non informò i soci dell'Accademia che lui da tempo stava già studiando le questioni relative alla

¹ La Reale Accademia di Medicina di Torino viene fondata nel 1819 da un piccolo gruppo di medici come «Società Medico-chirurgica». Essa viene elevata a rango di Accademia Reale nel 1846 da parte di re Carlo Alberto per poi diventare «Accademia di Medicina» nel 1946. La sede attuale è ancora nei locali di Via Po, 18 proprio dove si svolsero le sedute che verranno ora citate.

guerra chimica. Isnardi replicò che i suoi sforzi erano dettati dalla totale sfiducia nei confronti del «tampone tipo Ciamician-Pesci»² adottato dal Regio Esercito.

La seduta del 18 giugno 1915

La seduta successiva dell'Accademia fu convocata pochi giorni dopo, il 18 giugno 1915. Da questo momento il prof. Guareschi non partecipò più alle sedute. Fu invece presente Amedeo Herlitzka (1872-1948), il fisiologo torinese allievo di Angelo Mosso, con una comunicazione dal titolo «Sulla difesa dai gas asfissianti» [3]. Herlitzka si era già occupato di problemi simili poiché, su richiesta della Regia Marina, egli cercò di mettere a punto una maschera per proteggere gli uomini che si trovavano sulle navi da presunti avvelenamenti da ipoazotide (perossido di azoto) che solo in seguito si scoprì essere anidride carbonica. Nella sua relazione dichiarò di essersi preoccupato con l'inizio del conflitto mondiale di eventuali attacchi ai soldati al fronte e di aver cominciato a studiare un dispositivo idoneo concentrandosi sulla neutralizzazione dell'ipoazotide, del cloro e del bromo che potevano essere i gas di più facile produzione ed utilizzo. Prima di tutto, con eccezionale lucidità, egli focalizzò quali dovessero essere le caratteristiche fondamentali per una buona maschera antigas:

- 1) ottima chiusura ermetica intorno a bocca e naso;
- 2) il materiale assorbente non doveva venire a contatto con la cute per nessun motivo;
- 3) il neutralizzante doveva avere una superficie molto ampia di contatto con l'aria che entrava nella maschera;
- 4) il materiale assorbente non doveva essere in nessun modo di impedimento o di intralcio alla respirazione;
- 5) il dispositivo non doveva avere meccanismi che potessero incepparsi o non funzionare al momento del bisogno;
- 6) la maschera non doveva a sua volta liberare altri gas dannosi.

Dati questi presupposti, validi ancora ai giorni nostri, Herlitzka presentò un prototipo di maschera costruito in celluloidi e in grado di proteggere non solo naso e bocca ma anche gli occhi. Egli indicò anche che la maschera poteva essere di metallo fornendola di una finestra di mica all'altezza degli occhi. Il prototipo è ancora oggi conservato presso la sala espositiva dell'ASTUT, l'Archivio Scientifico e Tecnologico dell'Università di Torino.

² Il tampone Ciamician-Pesci era chiamato così perché identico al classico tampone usato in campo medico. Esso veniva fissato al volto grazie a due anse di elastico che passavano dietro alle orecchie. Era costituito da vari strati di tulle cuciti tra loro in modo da creare una tasca in cui veniva inserita una faldina impregnata con una soluzione acquosa di carbonato di sodio, carbonato di potassio e iposolfito di sodio. Il tutto era corredato da una faldina di ricambio e un boccettino con dell'altra soluzione neutralizzante.

Come si può notare in Figura 1, la tenuta ermetica sul viso era assicurata da una camera d'aria simile a quella delle biciclette che aderiva al bordo dell'intera maschera e che veniva gonfiata a bocca al momento del bisogno. Inoltre un paio di strisce elastiche regolabili permettevano di bloccare il dispositivo intorno alla testa. La parte bassa della maschera era una sorta di scatola a fondo tondo che conteneva il materiale assorbente.

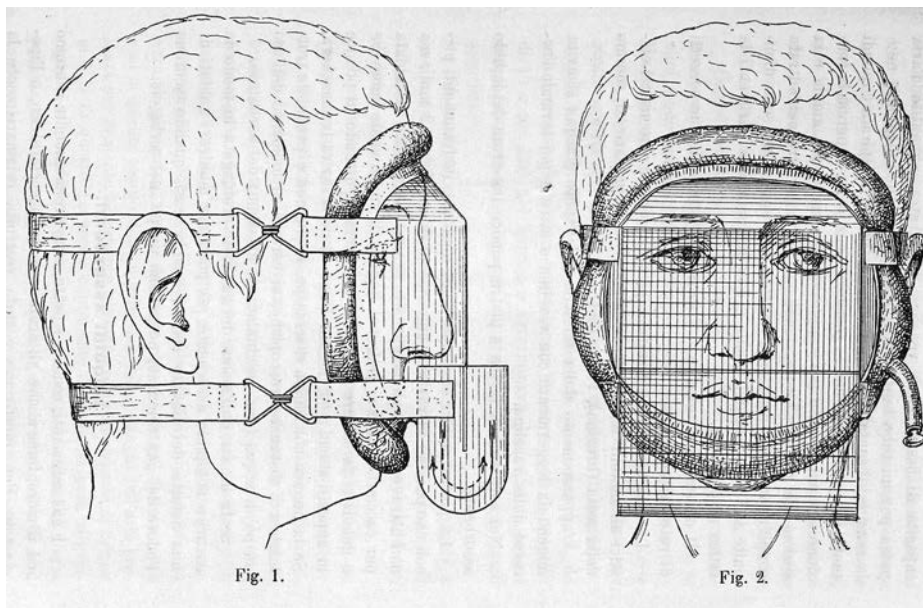


Fig. 1. Maschera ideata da Herlitzka.

Herlitzka dedicò molto tempo alla sperimentazione sul materiale neutralizzante e arrivò alla conclusione che i migliori risultati si potessero ottenere con la pietra pomice, arroventata per eliminare l'aria, frantumata in pezzetti di dimensioni tra 1 e 3 mm e imbibita con una soluzione acquosa contenente 25 g di idrato sodico e 70 g di iposolfito sodico per 100 cm³ di soluzione. Questo ampio serbatoio, che poteva contenere una discreta quantità di pomice sminuzzata ed imbibita della soluzione assorbente, rispetto alle maschere a tampone, aveva il grande vantaggio di aumentare esponenzialmente l'area di contatto tra l'aria inspirata e il neutralizzante. Il fisiologo era giunto a questa conclusione dopo una serie di esperimenti condotti su cani, conigli e su se stesso in presenza di vapori di cloro e bromo. A tale scopo Herlitzka si era fatto costruire una camera di ferro dove sperimentava i diversi neutralizzanti con diverse concentrazioni di gas. Il nostro fisiologo convinto, come Isnardi, che il tampone tipo Ciamician-Pesci non fosse sufficiente per proteggere i soldati da eventuali attacchi chimici inviò un campione della sua

maschera e l'inerente documentazione al Ministero della Guerra. Questo dispositivo era sicuramente ingegnoso e aveva le caratteristiche per essere una buona maschera ma aveva gravi inconvenienti. Al termine della seduta su proposta del patologo Benedetto Morpurgo (1861-1944) fu scritto un ordine del giorno dove l'Accademia di Medicina dichiarava apertamente la convinzione che le maschere antigas adottate dal Regio Esercito non fossero adatte allo scopo alla luce dei dati sperimentali ricavati dalle ricerche effettuate da alcuni soci. L'ordine del giorno fu inviato al Ministro della Guerra e al Direttore Generale della Sanità Militare, gli enti competenti sulle protezioni antigas adottate dal Regio Esercito.

La seduta del 22 ottobre 1915

Il 22 ottobre del 1915 ci fu una comunicazione [1] da parte del Tenente Generale medico Luigi Ferrero di Cavallerleone, anch'egli socio dell'Accademia, per motivare la bocciatura della maschera di Isnardi e di Herlitzka. Il militare era d'accordo sui sei punti indicati da Herlitzka per avere una buona maschera antigas ma ne aggiungeva altri:

- 7) la maschera non doveva essere pesante;
- 8) non doveva essere ingombrante;
- 9) doveva essere di facile trasporto e maneggio;
- 10) facilmente riparabile;
- 11) di facile rifornimento;
- 12) di pronta costruzione e a basso costo.

Alla luce di questi punti Ferrero di Cavallerleone era convinto di aver fatto la scelta giusta adottando per l'esercito la maschera tipo Ciamician-Pesci ed ebbe gioco facile nel sottolineare le debolezze delle altre maschere. Per quello che riguardava il prototipo di Herlitzka, la celluloido o l'eventuale lamiera erano troppo delicate, soggette a facili rotture che avrebbero richiesto personale specializzato per la riparazione, la gomma poteva alterarsi facilmente a causa del freddo e dell'usura, la produzione non era così semplice e i costi erano elevati. La maschera Isnardi sicuramente era concepita in modo tale da affaticare il respiro e portare una bottiglia di vetro sul petto, anche se fissata in qualche modo, non era sicuramente una buona soluzione.

I LAVORI DELL'ASSOCIAZIONE CHIMICA INDUSTRIALE

L'altro epicentro torinese ove, sempre nel 1915, si studiò e operò per ottenere un'efficace protezione delle vie respiratorie contro gli aggressivi chimici, da proporre al Regio Esercito, fu l'Associazione Chimica Industriale³.

³ L'Associazione Chimica Industriale fu fondata a Torino nel 1899. Nel 1915 il suo organo di stampa ufficiale era *L'industria chimica, mineraria e metallurgica*.

La riunione del 29 maggio [4]

Detta Associazione, il 29 maggio si riunì nella sua sede di Via Roma (Galleria Nazionale). Il Presidente, Ing. Vittorio Sclopis (1844-1918), in coda ai lavori prese la parola: prima rivolgendo un caloroso saluto all'Esercito, poi facendo presente che «a noi tutti incomba l'obbligo di contribuire con tutti i mezzi per lenire le dure conseguenze della guerra».

Icilio Guareschi (1847-1918), presente alla riunione e fresco reduce da quella dell'Accademia di Medicina, tenutasi come ormai noto il giorno precedente, intervenne subito per affermare che «un primo contributo può essere portato in favore del nostro Esercito, con lo studio dei mezzi più efficaci atti a rimediare ai terribili effetti dei gas così detti asfissianti [in quanto] è assai probabile che i nemici li impiegheranno anche contro i nostri soldati come già fecero contro francesi, inglesi e russi». L'anziano professore, fattivamente propose la formazione di un sodalizio fra i membri dell'Associazione, sia per raccogliere quante più notizie sull'argomento, sia per formulare proposte concrete. Sclopis, accolse l'idea con entusiasmo e dopo averla rimessa alla decisione dei presenti, che assentirono altrettanto caldamente, in primis invitò Guareschi a farne parte, ottenendo risposta affermativa, e in secundis propose gli altri membri, lui compreso.

L'assemblea approvò all'unanimità i nomi suggeriti e nacque così la «Commissione torinese per lo studio dei gas asfissianti e mezzi di difesa» (da qui in poi anche Commissione torinese), così composta: Ing. Vittorio Sclopis; Prof. Icilio Guareschi; Dott. Felice Masino (1857-1937); Dott. Giuseppe Rotta (1858-1934); Prof. Felice Garelli (1869-1936); Prof. Giovanni Issoglio (1879-1948); Ing. Pietro Guareschi (figlio di Icilio). Presidente fu Sclopis, segretario Pietro Guareschi e relatore Garelli.

A seguire, sempre Icilio Guareschi, che aveva grande esperienza in materia poiché da molto tempo stava studiando le proprietà tossicologiche dei composti chimici, tenne un intervento sulla chimica di guerra, culminante nella rilevante, seppur sbrigativa, elencazione delle sostanze velenose che potevano essere usate sui campi di battaglia: «il gas cloro, i vapori di bromo, il perossido di azoto, l'ossicloruro di carbonio, l'acido cloridrico ed alcuni altri». Finalmente, era riconosciuta all'ossicloruro di carbonio (fosgene) l'attenzione, purtroppo, meritata.

L'attività della Commissione torinese per lo studio dei gas asfissianti e mezzi di difesa [5]

I lavori della Commissione torinese per lo studio dei gas asfissianti e mezzi di difesa durarono poco meno di due mesi e furono oggetto di una dettagliata relazione. L'impegno svolto fu assai considerevole, in termini sia di riunioni sia di sperimentazioni.

Va detto che la Commissione torinese studiò solo come neutralizzare quegli aggressivi chimici che riteneva utilizzabili dal nemico e, circa la scelta delle sostanze adatte a ciò, le conclusioni furono le seguenti:

[...] la Commissione fu d'accordo nel ritenere che era preferibile impiegare assorbenti solidi. Questi possono ottenersi facendo imbevare con le soluzioni suindicate dei corpi solidi porosi; quali fibre tessili diverse, filati e tessuti, spugna, pietra pomice, ecc...

[...] un assorbente solido ben più energico e di impiego più generale risultò essere la calce sodata che venne proposta nella Commissione dal prof. Guareschi. Alla maggior energia chimica, dovuta alla presenza dell'alcali caustico, si aggiunge l'azione di superficie, assai energica, per la struttura porosa che ha il reattivo quando sia preparato e granulato in modo conveniente. Le numerose esperienze eseguite con questa sostanza fornirono ottimi risultati [anche nei confronti dei composti lacrimogeni].

Risulta adunque che la calce sodata è sino ad ora il migliore assorbente o neutralizzante o decomponente dei gas o vapori velenosi, giacché reagisce con tutti quelli ai quali è presumibile si ricorra in guerra come mezzo d'offesa, e la Commissione la propone adunque come il reagente protettivo più efficace e di azione più generale.

Icilio Guareschi ipotizzò che la calce sodata neutralizzasse il fosgene mediante la seguente reazione: $\text{COCl}_2 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$.

A questo punto restava da progettare la protezione vera e propria, tampone o maschera che fosse. Tale compito fu demandato a Pietro Guareschi che fu aiutato nell'opera da Rotta. La calce sodata era igroscopica e molto caustica, quindi, rispettivamente: andava isolata il più possibile dall'umidità e non doveva venire a contatto con occhi, pelle e mucose. Per risolvere questi problemi, fu realizzata una protezione costituita di: un facciale di gomma che garantiva l'isolamento del viso; un contenitore, da chiamarsi più propriamente scatola-filtro, in cui alloggiava la calce sodata; un tubo flessibile, anch'esso di gomma, che collegava facciale e scatola-filtro. Di scatole-filtro ne furono costruite diverse, per forma, contenenti fino a 300 g di calce sodata sempre sovrastata da uno strato di cotone, in bambaglia o filato, imbibito con soluzioni di sostanze alcaline. Il cotone serviva a fermare meccanicamente la polvere che inevitabilmente si formava dalla disgregazione della calce sodata; le soluzioni di sostanze alcaline concorrevano con la calce stessa a fermare gli aggressivi chimici. La progettazione del facciale risultò più complicata e alla fine ne fu realizzato uno in gomma «che, sperimentato, diede [...] risultati pienamente rispondenti allo scopo».

Verso la fine di luglio, la Commissione torinese inviò una dettagliata relazione della sua attività, sostanzialmente uguale a quella di cui si è già detto in precedenza, al Comandante del Corpo d'Armata di Torino, pregandolo di inoltrarla al Ministero della Guerra, cosa che effettivamente avvenne essendo noto che, in ultimo, tale scritto giunse all'Ispettorato di Sanità Militare.

La risposta dell'Autorità militare all'Associazione Chimica Industriale

In fine ad agosto, la Commissione torinese, fra i vari prototipi di maschera elaborati (Figura 2), ne aveva ultimato uno, che da qui in poi si può propriamente chiamare «maschera Guareschi», così descrivibile:



Fig. 2. Uno dei vari prototipi della maschera Guareschi.

– facciale: costruito in gomma elastica piuttosto consistente e sagomato in modo da coprire bocca e naso, era assicurato al viso per mezzo di un tirante elastico e portava montata all'altezza della bocca (a maschera indossata) una valvola, inserita nel tubo flessibile e sostanzialmente costituita da una semplice membrana. Detta membrana era costretta in modo che: durante l'inspirazione lasciava entrare l'aria nel facciale; all'iniziare della fase espirativa, in forza della pressione che la stessa creava all'interno del facciale, impediva tale ingresso. Invece, un'altra valvola, a molla, montata all'altezza del naso (a maschera indossata), era tarata in modo da aprirsi all'aria espirata, lasciandola uscire dal facciale, e richiudersi quando la pressione esercitata dalla stessa veniva a mancare, ossia quando cominciava la fase inspirativa.

– tubo flessibile: anch'esso di gomma, collegava il facciale alla scatola-filtro;

– scatola-filtro: contenuta in una fodera di panno, era portata a tracolla mediante cinghie ed era munita di due aperture: una per l'entrata dell'aria; l'altra,

dotata di un collarino, per il collegamento al tubo flessibile, cui era saldato un condotto metallico che si prolungava fin quasi al fondo della scatola-filtro stessa. All'interno di tale condotto si trovava una pezzetta, anch'essa di panno, sagomata in maniera da trattenere il pulviscolo caustico che si formava a seguito della polverizzazione della calce sodata. L'aria inspirata entrava nella scatola-filtro, dov'era obbligata ad attraversare tutto lo strato di calce sodata, quindi passava prima al tubicino della pezzetta, infine all'interno del facciale.

Un paio di occhiali antilacrimogeni completava il tutto.

La resistenza offerta al passaggio dell'aria dalla scatola-filtro ripiena di reattivo era molto bassa (inferiore ai 5 mm di colonna d'acqua).

Così come la relazione di cui si è detto sopra, anche la maschera Guareschi prese la via di Roma, finendo all'esame della «Commissione per lo studio dei gas asfissianti» (da qui in poi anche Commissione romana), formata da eminenti personalità del mondo scientifico e militare, riunitasi per la prima volta, per l'appunto nella Capitale, sempre in agosto ma agli inizi (giorno 4)⁴.

La Commissione romana ritenne la maschera Guareschi valida a meno dei seguenti difetti: imperfetta adattabilità del facciale e incomodo provocato dallo stesso su naso e viso; insufficiente tenuta degli occhiali; pesantezza (circa 900 g). Allo scopo di risolverli la Commissione torinese riprese i lavori, elaborando un modello perfezionato specialmente nel facciale che era munito di due tiranti di fissaggio al posto di uno solo; non era più costruito in gomma ma in tela impermeabile; copriva tutto il viso assicurando al portatore la visione per mezzo di «due aperture chiuse con vetro, o celluloidi o mica in corrispondenza agli occhi». Tali migliorie, tuttavia, non convinsero i commissari romani, che nuovamente la bocciarono «per l'eccessivo peso» [6]. Tale battuta d'arresto coincise con la definitiva uscita di scena dell'Associazione Chimica Industriale.

Icilio Guareschi elaborò, così come Herlitzka e Isnardi, anche uno studio sulla capacità del carbone di neutralizzare gli aggressivi chimici, arrivando alla conclusione, dopo aver eseguito una comparazione fra differenti tipi, che il migliore fosse quello ottenuto dalle noci di cocco.

Dopo la morte, Icilio Guareschi ottenne diversi encomi: dal Chemical Warfare Service americano, che gli riconobbe il merito della priorità dell'impiego della calce sodata nella lotta contro gli aggressivi chimici; dal Servizio Chimico Militare italiano, che così scrisse [7]:

[...] chi è al corrente della struttura e dei pregi del respiratore inglese e della più perfezionata maschera tedesca, non può fare a meno di attribuire al nostro Guareschi il merito di aver fin dal 1915 precisati i requisiti fondamentali della protezione individuale contro i gas asfissianti [...]. [...] il Servizio Chimico Militare ascrive a suo dovere di rivendicare alla memoria dell'Illustre Professore, che fu lustro e vento dell'Università Torinese, la definizione del primo respiratore a filtro contro i gas asfissianti.

⁴ Istituzionalizzata con Dlt del 9 settembre 1915.

Conclusioni

La mancata collaborazione fra i due istituti torinesi cristallizza il dubbio che, in caso contrario, alla luce delle molte proposte certamente innovative avanzate in seno ad essi, nel campo della difesa individuale antigas l'Italia avrebbe potuto raggiungere migliori e più tempestivi risultati. Inoltre, va messo in risalto che:

– al tempo in cui la maschera Guareschi fu bocciata, tutti gli altri belligeranti, alleati compresi, non disponevano di altrettanto di così efficace, né a livello strutturale né a livello di reattivi neutralizzanti usati;

– la miglior maschera antigas della prima guerra mondiale, ovverosia l'inglese Small Box Respirator, pesava molto di più della maschera Guareschi (circa 1.500 g contro pressappoco 900 g).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ferrero di Cavallerleone L., 1915. Gas asfissianti e maschere protettive. *Giornale della R. Accademia di Medicina di Torino*, Anno LXXVIII, vol XXI, Torino, 356-370.
- [2] *Giornale della Reale Accademia di Medicina di Torino*, 1915. Anno LXXVIII - Vol. XXI, 45-48.
- [3] Herlitzka A., 1915. Sulla difesa dai gas asfissianti. *Giornale della Reale Accademia di Medicina di Torino*, Anno LXXVIII, vol. XXI, Torino, 277-305.
- [4] *L'industria chimica, mineraria e metallurgica*, 1915. Anno II - n. 11, Torino.
- [5] *L'industria chimica, mineraria e metallurgica*, 1915. Anno II - n. 24, Torino, (supplemento).
- [6] Milone G., 1929. *Guerra moderna*, Bologna, A. Casini.
- [7] Servizio Chimico Militare, 1925. *L'opera di Icilio Guareschi precursore della maschera a filtro contro i gas asfissianti*, Torino (Stadium).

FRANCO CALASCIBETTA*

La grande guerra di Emanuele Paternò

Summary – At the outbreak of World War I, Emanuele Paternò appeared as a prominent personality within the national community of chemists. This was born in addition to his scientific prestige, also by his position from the point of view both academic and institutional. He was in fact the director of the Institute of Chemistry at the University of Rome, and Senator and Vice President of the Senate. We can therefore say that he had gained, in the years of the Great War, the role of the main contact person for the discipline, against the political and military authorities. This article will describe the various areas in which the intense activity of the Sicilian scientist developed and the characteristics of this activity.

Riassunto – Allo scoppio della prima guerra mondiale, Emanuele Paternò, direttore dell'Istituto chimico dell'Università di Roma, senatore e vicepresidente del Senato, di fatto ricopriva una posizione preminente all'interno della comunità chimica nazionale. Non stupisce pertanto il ruolo quasi di principale referente chimico, nei confronti del potere politico e delle autorità militari, che Paternò assunse negli anni della Grande Guerra. Nell'articolo saranno descritti i vari ambiti in cui si sviluppò l'attività dello scienziato siciliano e le idee che lo guidarono in tale attività.

Introduzione

Nel 1915, allorché l'Italia entrò in guerra a fianco delle nazioni della Triplice Intesa, Paternò era da cinque anni il direttore dell'Istituto chimico dell'Università di Roma, essendo succeduto nella carica a Stanislao Cannizzaro, alla morte di questi. Inoltre era dal 1890 membro del Senato, e di esso era da parecchi anni vicepresidente. Questo aveva determinato un suo coinvolgimento nella vita politica italiana con l'assunzione negli anni di incarichi che lo avevano portato a confrontarsi con autorità civili e militari del nostro paese.

* Dipartimento di Chimica, Sapienza Università di Roma, Piazzale A. Moro, 5 - 00185 Roma.
E-mail: franco.calascibetta@uniroma1.it

Politicamente era stato vicino a Crispi, ma alla morte di questi si era avvicinato a Giolitti che aveva anche pensato al chimico siciliano come possibile ministro della pubblica istruzione all'epoca del suo secondo governo nel 1903. Grazie anche ai rapporti con Giolitti, Paternò era stato per molti anni, a partire dal 1902, Presidente della Commissione consultiva sugli esplosivi. Su suo suggerimento, nel 1907 era stato costituito un laboratorio chimico per gli esplosivi e di esso era stato inizialmente Direttore, contribuendo poi alla designazione al suo posto di Dino Chiaraviglio, che di Giolitti era genero [4]. Infine, e su questo ritorneremo in uno dei prossimi paragrafi, era stato anche dal 1910 al 1911 Presidente del Comitato superiore tecnico-scientifico del Regio Polverificio sul Liri.

Non desta stupore quindi che, per collocazione geografica ed istituzionale, prestigio accademico, esperienze e ruoli precedenti, Paternò finì per collocarsi in prima linea tra i chimici italiani che più contribuirono allo sforzo bellico. Come analizzeremo, egli non solo fornì la sua opera di autorevole scienziato nel campo degli esplosivi ma svolse un ruolo importante anche nella cosiddetta guerra chimica, contribuendo alla scelta degli aggressivi e asfissianti da usare come offesa e a quella delle maschere di protezione di cui servirsi come difesa.

Paternò e l'interventismo

Occorre però premettere che fino al 24 maggio 1915, Paternò non fu certo favorevole all'intervento dell'Italia in guerra. In una lettera del 3 maggio che spedì a Giolitti e in un'altra, scritta negli stessi giorni al re, che in realtà non spedì¹, egli indicò chiaramente tutte le sue riserve sul comportamento del governo che «con metodi così gretti da essere tollerati solo nelle botteghe» aveva preteso di mercanteggiare la neutralità dell'Italia, approfittando delle difficoltà «in cui si trovava chi fino ad oggi è nostra alleata». Ancora più esplicitamente, nella lettera preparata per il re, giungeva a dire: «ogni uomo di senno dopo 22 anni di alleanza avrebbe considerato come l'adempimento di un dovere che l'Italia avesse preso parte alla guerra insieme alle sue alleate». Preso atto ormai della neutralità non si doveva però cedere a Francia ed Inghilterra «che con allettamenti diversi cercano, aiutate nell'interno dai nemici delle istituzioni, di spingere l'Italia a rivendicazioni irredentiste».

Queste riserve, che forse accomunarono Paternò ad altri scienziati ed in particolare chimici, possono in parte spiegare l'acrimonia con cui un altro chimico siciliano, Giuseppe Oddo, si scagliò contro alcuni suoi colleghi in un dattiloscritto datato 31 agosto 1915, spedito al Ministero della Guerra [2]. Secondo Oddo, mentre per essere volontari si chiedevano decine di certificati, per far parte di commissioni belliche si era proceduto con superficialità:

¹ [1], scat. 24, fasc. 102.

«Ne è risultata una commissione composta di persone che coi nostri nemici tedeschi hanno legami intimissimi di sangue, indiretti e di matrimonio o comunanza assoluta di mente, d'azione, di interessi».

Gli scienziati a cui Oddo si riferiva, inseriti nelle commissioni costituite subito dopo l'entrata in guerra dell'Italia, erano in particolare Ciamician e Paternò. Il dattiloscritto così continuava:

«Ciamician è nato a Trieste ma conseguì la propria preparazione scientifica a Vienna, ha avuto sempre un tedesco come principale collaboratore, prima Dennstedt poi Silber, annidato misteriosamente da 32 anni nel suo laboratorio, con una costanza di collaborazione che non trova riscontro negli annali mondiali di tutto il sapere... Questa realtà filo tedesca della chimica italiana nasce ad un certo punto da Cannizzaro stesso che la protesse. Il risultato è l'accaparramento che questa ala tedescofila ha fatto dei Lincei in cui i posti di socio ordinario della chimica sono di Koerner, tedesco, Ciamician, Nasini, cognato di Ciamician, Angeli, discepolo di Ciamician, Paternò. Questi ad un certo punto ha cercato anche lui l'appoggio tedesco e credette di trovarlo nel tedesco Peratoner, il quale seppe adattarsi al di lui temperamento».

Certamente queste di Giuseppe Oddo, che in tante altre occasioni ebbe a mostrare un indole non proprio facile [5], possono esser viste come parole caluniose dettate soprattutto da invidie o rancori personali. Tuttavia ci aiutano a non dimenticare che dalle guerre di indipendenza erano passati quasi cinquanta anni, che per alcuni decenni l'Italia aveva stretto con Austria e Germania rapporti stretti e che la chimica tedesca soprattutto poteva costituire un modello di riferimento a cui i nostri chimici guardavano con ammirazione.

Tutto ciò in ogni caso non impedì a Paternò e agli altri chimici italiani, da Oddo accusati di tedescofilia, di impegnarsi con lealtà e passione per il proprio paese, una volta dichiarata la guerra.

Paternò e gli esplosivi

Un ambito in cui Paternò offrì il proprio contributo fu come presidente della Sottocommissione per il collaudo degli esplosivi, costituita all'interno della Commissione superiore di collaudo e controllo per le munizioni di guerra, presieduta dal generale Grillo. Come abbiamo accennato sopra, Paternò già prima della guerra aveva svolto un lavoro di consulenza col Ministero della Guerra nel campo della produzione di esplosivi ed era stato Presidente del Comitato superiore tecnico-scientifico del Regio Polverificio sul Liri.

Dalla minuta della relazione finale dei lavori di questa commissione, presentata nel giugno del 1911, possiamo capire le difficoltà che lo scienziato dovette incontrare nel confrontarsi con i funzionari militari a cui era affidata la gestione dello stabilimento. Egli affermava²:

² [1], scat. 5, fasc. 15.

«Dacché il polverificio fu fondato, nessun alito di vita nuovo vi è penetrato, onde deve ascriversi a fortuna se il risultato è stato quello soltanto di ottenere cattivo esplosivo ad un prezzo eccessivamente elevato... le persone alle quali è stata affidata la parte tecnica e scientifica del R. Polverificio, i capi tecnici chimici, sono venuti dalle classi degli operai o sono stati scelti per concorso tra giovani laureati in chimica che non erano stati mai in una fabbrica qualsiasi.. e gli uni e gli altri sono stati lasciati senza guida senza indirizzo, senza libri, senza strumenti... qualunque intelligenza e qualunque buon volere in queste condizioni si esaurisce... Se si vuole che il polverificio funzioni regolarmente, è necessario che alla direzione sia chiamata una persona competente, che abbia gli studi convenienti e la necessaria esperienza... Mi sono lungamente lusingato della speranza che fosse possibile una via di mezzo, sorreggendo il direttore militare con l'aiuto di elementi competenti ma l'esperienza mi ha provato che ciò non è pratico».

Tale proposta restò nel 1911 lettera morta e la direzione del polverificio rimase ovviamente nelle mani di un militare. Essa tuttavia può darci un'idea del carattere di Paternò, della sua non eccelsa capacità di mediare e di rapportarsi ad altri poteri, della sua personalità, in genere più adatta ad accentrare che non a cooperare.

Questo dovette emergere anche nell'operato della sottocommissione per il collaudo degli esplosivi, come possiamo capire dalla lettura di una lettera che un altro dei componenti la sottocommissione, il fisico Orso Maria Corbino gli scrisse il 9 maggio del 1916³. Questi nel riportare a Paternò generali lamentele che serpeggiavano all'interno della commissione ed anche del ministero della Guerra, così si esprimeva:

«Si tende ad attribuire a Lei la causa della scarsissima attività che tutti dobbiamo riconoscere... I benevoli tengono ben presente la mole enorme di lavoro che grava su Lei dal principio della guerra; ma si dolgono che Ella non lasci lavorare gli altri... si va diffondendo nel pubblico l'opinione che Ella vuole impedire a qualunque altro chimico di rendersi utile».

Nella conclusione della lettera Corbino invitava Paternò ad organizzare una riunione per definire collegialmente un piano di azione più attivo:

«Se in questa riunione Ella, astenendosi dall'enunciare anticipatamente le Sue idee, incoraggiasse tutti i commissari ad esprimer le loro, si potrebbe stabilire un piano di lavori che per lo meno eliminerebbe una parte del malcontento».

Paternò e i gas asfissianti

La sottocommissione per il collaudo degli esplosivi, tranne che mettere a punto e poi effettuare adeguati saggi per il controllo della qualità degli esplosivi, prodotti negli stabilimenti statali e nelle fabbriche private, con le quali il ministero della guerra aveva stipulato un contratto, non ebbe, nel corso del conflitto, la necessità di operare ricerche in vista della modifica delle produzioni già avviate.

³ [1], scat. 20, fasc. 86.

Diverso fu il caso per la commissione che si occupò dei gas asfissianti, che non poteva godere di un patrimonio di conoscenze ormai internazionalmente consolidato e che dovette fin dall'inizio della guerra, sulla scia del primo attacco a base di cloro condotto dalla Germania il 22 aprile 1915 a Ypres, preparare anche il nostro paese alla guerra chimica in termini di offesa e di difesa.

Tale commissione fu costituita ufficialmente nel settembre 1915, ma di fatto funzionò fin dall'inizio di agosto. Essa comprendeva medici, militari e naturalmente chimici e tra essi Paternò, designato a presiederla. In realtà il chimico siciliano aveva cominciato ad occuparsi del problema per suo conto insieme a suoi collaboratori fin dai mesi precedenti e la sua convinzione sulla preferenza da accordare al fosgene venne espressa in colloqui con le autorità militari già alla fine di giugno, poche settimane dopo l'entrata in guerra [3].

Ho raccontato altrove [6] le difficoltà che, almeno inizialmente, Paternò e la commissione da lui presieduta dovettero superare per far indirizzare soprattutto sul fosgene la produzione nazionale di gas asfissianti. Qui voglio sottolineare come durante tutti gli anni del conflitto, a volte magari per iniziative estemporanee e discutibili di singoli, a volte invece sulla scia di quanto si andava sviluppando in altre nazioni, alleate o nemiche, alla commissione arrivarono in ogni caso diverse proposte tese a prendere in esame altre sostanze aggressive. La commissione, nella quale anche in questo caso Paternò esercitava la sua indole autoritaria ed accentratrice, si mostrò sempre abbastanza scettica.

Ancora nel marzo del 1918⁴, in una relazione riservata volta a difendere il lavoro svolto da attacchi e critiche, egli affermava:

«Ho sempre sostenuto che non valeva la pena di andare in cerca di nuove sostanze e questo mio pensiero è stato confortato dalle difficoltà di ottenere le materie prime e dalla considerazione che non era cosa seria preparare prodotti più costosi e meno efficaci del fosgene. Ho atteso che altri indicasse un prodotto anche più costoso ma più efficace ma fino ad oggi le mie e altrui speranze sono state deluse. E non nascondo perciò il mio timore che il desiderio di trovare del nuovo possa spingere ad accogliere frettolosamente delle proposte ed a fare nuovi impianti che dovrebbero poi restare inoperosi».

Questa posizione, tra l'altro, determinò negli ultimi mesi del conflitto un ridimensionamento del ruolo centrale di Paternò e dell'Istituto chimico romano a vantaggio di altre sedi e di altre strutture, quali ad esempio il laboratorio centrale delle gabelle di Roma, diretto da Vittorio Villavecchia. Ciò avvenne nell'ambito della complessiva riorganizzazione di tutte le attività di guerra successiva alla disfatta di Caporetto e alla nomina di Armando Diaz come capo di Stato maggiore dell'esercito. A Villavecchia fu tra l'altro affidato il compito di avviare anche nel nostro paese la produzione di nuovi aggressivi entrati sulla scena, quali l'iprite e le arsine, produzione che non divenne però operativa prima dell'armistizio e della fine della guerra [9].

⁴ [1], scat. 3, fasc. 11.

Paternò e la Commissione parlamentare d'inchiesta sulle spese di guerra

Le modalità in base a cui era stato scelto il fosgene come principale gas asfissiante utilizzato dal nostro esercito e se ne era avviata la produzione finirono, dopo il conflitto, per essere oggetto di indagine da parte della Commissione parlamentare d'inchiesta sulle spese di guerra, istituita con la legge 18 luglio 1920, n° 999.

Per il fosgene l'inchiesta partì dalla denuncia presentata da Demetrio Helbig. Costui era laureato in chimica, era stato allievo e collaboratore di Cannizzaro ed aveva poi lasciato la carriera universitaria per entrare nell'industria. Allo scoppio della guerra si era arruolato volontario nel corpo aeronautico. Egli, avendo appreso della scelta del fosgene come gas su cui incentrare la guerra chimica italiana, si era però stupito che la sua preparazione fosse affidata ad un prezzo esorbitante al cav. Fausto Morani, Presidente della Banca centrale per l'industria, gerente uno stabilimento in Piano d'Orta della Società del carburo di calcio, di cui era consigliere delegato. Il metodo di preparazione scelto era quello di Schutzenberger, basato sulla reazione tra tetracloruro di carbonio ed anidride solforica [11].

Helbig aveva allora iniziato a studiare il problema cercando di trovare le condizioni adatte per realizzare industrialmente la sintesi diretta del fosgene da ossido di carbonio e cloro, processo che si sapeva essere già utilizzato in Germania, ma i cui dettagli erano coperti da segreto. Egli era partito da studi che molti anni prima lo stesso Paternò aveva condotto a livello di laboratorio, con l'uso di carbone animale come catalizzatore [10]. In pochi mesi Helbig aveva reso conveniente il processo su larga scala preparando un catalizzatore particolarmente efficace, da lui chiamato «catantrax» e mettendo a punto un particolare forno elettrico per la riduzione del diossido di carbonio a monossido [8]. I due brevetti erano stati gratuitamente ceduti allo stato, e ciò aveva reso possibile attivare anche in Italia la produzione di fosgene sintetico ad un prezzo decisamente inferiore, tramite contratto stipulato con la Società Rumianca.

Helbig, malgrado i servizi resi, era stato inizialmente sottoposto a sorveglianza e sospettato di germanofilia (in realtà era figlio di un archeologo tedesco ed era nato in Germania ma aveva vissuto in Italia fin dalla fanciullezza, acquisendo al compimento del diciottesimo anno la cittadinanza italiana). Egli aveva sospettato che dietro questa campagna diffamatoria ci fosse il Morani che voleva mantenere e difendere i profitti illecitamente ottenuti. Inoltre Helbig accusava anche Paternò per aver appoggiato il Morani ed aver concesso a questi inizialmente l'uso dei laboratori universitari per la prima preparazione del fosgene necessario per le dimostrazioni da effettuare, in vista della stipula del contratto tra la ditta, di cui il Morani era presidente, e il Sottosegretariato per le armi e munizioni del Ministero della Guerra.

Sulla base delle risultanze dell'inchiesta la Commissione deliberò la restituzione di lire 500 mila da parte del Morani, giudicando ingiustificabile il prezzo da lui fissato per la produzione del fosgene.

Per ciò che concerneva Paternò egli in fondo fu ritenuto colpevole di non aver aiutato l'amministrazione dello stato nel giudicare incongrue le pretese economiche del Morani:

«Pur escludendosi che l'operato del senatore prof. Paternò sia stato determinato da qualsiasi fine illecito o di lucro, anzi riconoscendo l'azione altamente fattiva e benemerita da lui spiegata durante la guerra nell'applicazione bellica dei gas asfissianti e del fosgene in ispecie, è da ritenersi che l'errore dell'amministrazione circa la fornitura colla banca centrale fu indirettamente e involontariamente agevolato dal suo silenzio e contegno durante la fase preparatoria del contratto col Morani» [3].

Non fu invece considerata degna di biasimo la scelta accordata ad un metodo di preparazione in assoluto più costoso perché l'esigenza di arrivare rapidamente ad una produzione nazionale di fosgene aveva fatto preferire un processo industriale già noto, rispetto ad un altro che avrebbe richiesto più tempo per essere studiato e messo a punto su larga scala.

Paternò e le maschere antigas

Fin dall'ingresso in guerra dell'Italia il continuo aumentare dei gas usati dal nemico obbligò la Commissione per i gas asfissianti, in cui Paternò operava insieme agli altri chimici, ad occuparsi di mezzi di protezione che fossero in grado di svolgere un'azione polivalente. Nelle sedute dell'ottobre del 1915 vennero prese in esame le sostanze che potessero esercitare un'azione assorbente nei confronti degli alogeni, ma anche dell'acido cianidrico, del fosgene e di derivati alogenati organici. Nella ricerca ci si limitò a sostanze inalterabili all'aria in quanto prodotti che potessero essere alterati dall'azione dell'aria, quali ad esempio gli alcali caustici, avrebbero comportato l'uso di apparecchi più complicati per la necessità di dotarli di recipienti chiusi in cui contenerli.

Il procedimento seguito era il seguente⁵: si faceva passare l'aria contenente il gas asfissiante attraverso una falda filtrante imbevuta del reattivo in esame e in uscita si rivelava la presenza residua dell'asfissiante tramite specifica reazione (ad esempio l'intorbidamento di una soluzione di nitrato di argento per il fosgene). Per la falda filtrante la Commissione constatò che essa, per riuscire efficace, doveva avere uno spessore notevole. Poiché però, se si adoperava il cotone, la permeabilità attraverso esso risultava assai difficile, si stabilì di usare al suo posto la garza. Individuate per ogni gas le sostanze che apparivano meglio in grado di assorbirlo, la maschera veniva preparata sovrapponendo molti strati di garza, imbevuti separatamente dei diversi reattivi, per avere così un assorbimento polivalente.

I problemi nascevano da un lato dall'imperfetto adattamento della maschera al viso (la originaria maschera nota col nome Ciamician-Pesci) che poteva causare il passaggio di tracce di aria non filtrata dai lati, dall'altro dalla necessità di aggiungere ulteriori reagenti per ogni nuovo gas che fosse introdotto come offesa dal nemico. Ad esempio quando nella primavera del 1917 comparve tra i gas utilizzati l'acroleina fu necessario individuare una nuova sostanza in grado di assorbirla e ciò

⁵ [1], scat. 3, fasc. 11.

comportò l'inserimento di un ulteriore gruppo di strati di garza alla maschera usata dal nostro esercito, ora evoluta nel cosiddetto modello polivalente.

In ogni caso le maschere basate solo su strati di garza si rivelarono del tutto inadeguate allorché vennero usate sostanze come l'iprite o le arsine che condensandosi in goccioline non venivano fermate da tale materiale. Per esse una difesa più efficace fu costituita nell'ultimo anno di guerra dallo «small box respirator» inglese, nel filtro del quale era presente, oltre alle garze, uno strato di carbone attivo in grado di assorbire anche i liquidi nebulizzati [7]. C'è da dire però che Paternò, che per altro non ebbe nel campo della scelta delle maschere un ruolo preminente, continuò a mostrare, contro ogni evidenza, una certa diffidenza nei confronti della maschera inglese, che, a suo dire, rendeva troppo faticosa la respirazione e non poteva quindi essere utilizzata a lungo.

Conclusioni

Certamente Paternò, che pure all'epoca aveva circa settanta anni, affrontò con insospettata energia l'impegno a cui venne chiamato nel corso della prima guerra mondiale. Difese col suo carattere fermo le ragioni degli uomini di scienza nei confronti dell'apparato militare, cercando di mantenere ai primi una funzione preminente e direttiva, e di evitare l'allineamento e quasi la militarizzazione degli esperti e delle istituzioni di ricerca.

Forse invece mancò, ma non necessariamente solo per sua colpa, nel costruire una reale rete di collaborazione con gli altri chimici, che invece finirono per muoversi isolatamente, ognuno per suo conto, anzi spesso l'uno in competizione con l'altro, come con qualche esempio abbiamo documentato, caratteristica che contribuì a rendere più debole la comunità nel suo complesso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] –, Archivio storico della Accademia nazionale delle scienze detta dei XL. Fondo Paternò.
- [2] –, Archivio centrale dello Stato, Fondo MPI, Dir. Gen. Istruz. Super., Personale Universitario, II versamento, II serie, Fasc. 111: Oddo, Giuseppe.
- [3] –, Archivio storico della Camera dei deputati, Commissione parlamentare d'inchiesta sulle spese di guerra 1920-1923, Busta 15, fasc. 152.
- [4] Calascibetta F., 2007. Emanuele Paternò di Sessa (1847-1935) tra scienza e passione politica. Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, 125, 393-405.
- [5] Calascibetta F., 2013. Oddo, Giuseppe. In *Dizionario Biografico degli Italiani*, 79, 129-130.
- [6] Calascibetta F., 2015. Paternò e la scelta del fosgene. *La Chimica e l'Industria*, 97(6), 14-15.
- [7] Cappellano F. B. Di Martino, 2006. La guerra dei gas. Rossato, Valdagno, 335 pp.
- [8] Corelli R. M., 2008. Demetrio Helbig. In: G. Scorrano (a cura di), *La Chimica Italiana*, Padova, 420-22.
- [9] Di Meo A., 2003. *Scienza e stato*. Carocci, Roma, 71-133.
- [10] Paternò E., 1878. Nota sulla preparazione dell'ossicloruro di carbonio. *Gazzetta Chimica Italiana*, 8, 233-234.
- [11] Schutzenberger P., 1870. Ueber die Einwirkung des Schwefelsaure-Anhydrids auf Kohlenstoffsuperchloride. *Annalen der Chemie*, 154, 375-376.

DOMENICO PRIORI*

**Ottimo e abbondante,
la polemica tra Filippo Bottazzi e Silvestro Baglioni
a seguito delle modifiche all'alimentazione del
soldato italiano durante la Grande Guerra**

Summary – With this work I plan to present the scientific research that in February 1917 brought about a change in the alimentation of the Italian soldiers during the First World War. That decision was mainly based on the studies conducted by Luigi Luciani and Silvestro Baglioni. This last researcher, in fact, in August 1916, was appointed by the Ministry of War to conduct a study on the alimentation of the Italian soldier and the qualities of its rations. Baglioni's recommendations were accepted and incorporated in an Instruction on the specifications of the alimentation of the Italian soldier. Those changes in the alimentation of the soldiers were soundly criticized by Prof. Filippo Bottazzi, who went as far as to write: «most competent scientists in this kind of studies had affirmed that the Italian soldiers, not long before the Caporetto disaster, went as far as to affirm that «many competent researchers in the field had established that the Italian soldier was insufficiently nourished!». The disputes among the two researchers are a good standard to evaluate the scientific knowledge of the first twenty years of the Twentieth Century.

Riassunto – Il lavoro si propone di illustrare le basi scientifiche che portarono, nel febbraio del 1917, a modificare l'alimentazione del soldato italiano durante la Prima Guerra Mondiale. La decisione era fondata principalmente sugli studi di Luigi Luciani e Silvestro Baglioni. Quest'ultimo fu incaricato, nell'agosto del 1916, dal Ministro della Guerra di uno studio sull'alimentazione del soldato e sulla confezione del rancio. Le proposte del Baglioni furono accolte e recepite in un'Istruzione sul servizio del vitto militare. La variazione dell'alimentazione del soldato fu criticata, con estrema durezza, dal prof. Filippo Bottazzi che arrivò ad scrivere: «Scienziati competentissimi in questo genere di studi hanno affermato che il soldato italiano, poco prima di Caporetto, era insufficientemente alimentato!». La disputa fra i due scienziati è rivelatrice delle conoscenze scientifiche nel primo ventennio del XX secolo.

* IIS «E. Fermi» di Ascoli Piceno. E.mail: domenicopriori@gmail.com

- «– Tu, assaggia il tuo rancio e dimmi che te ne pare.
– Ottimo e abbondante, signor generale.
– Invece è uno schifo.» [11]

Questo celebre scambio di battute, alla somministrazione del rancio, nel film *La Grande Guerra* di Monicelli ci permette di iniziare il discorso sull'alimentazione del soldato italiano durante la Prima guerra mondiale. Chi aveva ragione? Il pusillanime soldato, interpretato magistralmente da Alberto Sordi, o il generale?

Proviamo a rispondere. L'alimentazione del soldato [1], all'inizio della guerra, prevedeva al mattino una tazza di caffè nero, alle 10 un brodo preparato con 375 grammi di carne bovina, in cui il soldato poneva fette di pane e la corrispondente fetta di bollito. Il pasto del pomeriggio era riso o pasta, conditi con lardo e conserva di pomodoro. La razione prevedeva una pagnotta di pane di 750 grammi. Notiamo la stucchevole ripetitività del menù e i 750 grammi di pane al giorno, ma l'aspetto eccezionale per l'epoca era la quantità di carne. Nella vita civile la quantità di carne consumata era molto inferiore (Fig. 1). Il rancio era quindi abbondante. Sulla qualità del pasto del soldato pesava l'uso delle casse di cottura, o meglio, cucine mobili da campo someggiate. Casse rivestite internamente di materiale isolante in cui venivano messe le marmitte con il cibo non ancora cotto completamente. La cottura continuava a bassa temperatura durante il trasporto. Il cibo arrivava caldo, o forse, non freddo ma la consistenza della carne, del riso e della pasta non era sicuramente ottimale.

Probabilmente avevano ragione sia il generale che Alberto Sordi: il rancio era pessimo e abbondante e, inoltre, molto costoso, tanto che la popolazione civile veniva invitata a risparmiare e a non consumare la carne (Fig. 2). Le critiche all'alimentazione del soldato non evidenziavano, però, l'aspetto economico: «[...] l'errore più grave (benché comune ad altri eserciti) è quello di aumentare nella razione di guerra unicamente la carne (gr 375) il che si fa sotto lo specioso motivo di fornire in piccolo volume un alimento sostanzioso: si danno quindi così grammi 151 di albuminoidi, quota veramente eccessiva e che nei climi e nelle stagioni calde, a lungo andare, può anche risultare dannosa. L'errore è aggravato dal fatto che si è diminuito invece la quantità di pasta e di riso, con questo risultato che la razione di guerra (3373 circa nette) ha un valore energetico, sia pur di pochissimo, inferiore a quella di pace (3394 circa nette). Aggiungo subito che, alla stregua degli esperimenti di Chittenden, il numero di calorie fornito è più che sufficiente anche per i lavori più faticosi; ma quella incongruenza potrebbe vantaggiosamente essere tolta con una riduzione della carne ed un aumento dei farinacei e magari con l'aggiunta di Julienne (patate e verdure essiccate) [...]» [14, pp. 22-23].

L'argomentazione del generale Rho era condivisa da Angelo Pugliese: «[...] non mi pare provata in modo incontrovertibile l'affermazione di fisiologi insigni, che la carne esalta l'energia fattrice dell'uomo. Ma è questione di misura! 375-425 grammi di carne al giorno sono eccessivi [...]» [13, p. 11].

Città	Abitanti	Quoziente carneo per abitante	
		annuo Kg.	giornaliero gr.
Catania.....	203.708	16.130	44
Bari.....	103.670	18.835	51
Palermo.....	341.088	19.261	52
Messina.....	126.557	21.687	59
Napoli.....	678.031	26.519	72
Livorno.....	105.315	32.639	89
Venezia.....	160.719	41.238	112
Roma.....	542.123	41.363	113
Firenze.....	232.860	42.406	116
Genova.....	272.221	42.497	116
Torino.....	427.106	44.121	120
Bologna.....	172.628	56.651	155
Milano.....	593.200	57.227	157

Fig. 1. Il quoziente carneo annuo e giornaliero per abitante nelle città italiane con popolazione superiore ai centomila abitanti prima della guerra. A. Pugliese opera cit.

Massaie!

Economizziamo su tutto; è il nostro compito che dobbiamo scrupolosamente osservare per arrivare alla desiderata Vittoria.

La carne lasciamola ai nostri figlioli combattenti; noi nutriamoci colla massima sobrietà; economia e igiene. - Invece del burro che costa 6 lire al chilo adoperiamo l'olio; il Direttore dell'Ufficio di Igiene di Roma lo consiglia come il condimento più sano. - Mangiamo molte patate; costano ancora relativamente poco e sono molto nutrienti. - Cotte nella cassa di cottura che ogni donna può facilmente prepararsi da sé, senza nessuna spesa, le patate saranno un cibo convenientissimo. Così dei fagioli e dei legumi tutti.

Non gettate mai l'acqua dove avete cotti i maccheroni, che prima saranno stati ben lavati; adoperate quell'acqua per fare la minestra il giorno appresso; sarà più nutriente che non cotta nell'acqua semplice.

LA COMMISSIONE DELLE MINUTE DELLA LEGA
- PRO-LIMITAZIONE DEI CONSUMI -

Fig. 2. Massaie! La commissione delle minute della Lega pro limitazione dei consumi. Roma, 1917.

Silvestro Baglioni [9] condivide e ricorda: «È stato il Luciani, in Italia, che nella sua magistrale *Fisiologia dell'uomo* per primo, mise in evidenza i vantaggi del regime economico. L'eccessivo uso di carne non sarebbe soltanto causa di spreco, ma produrrebbe, a lungo andare, non lievi disturbi nel benessere generale del corpo e nel retto funzionamento di diversi organi» [1, p. 6].

Conclude con la necessità di formulare proposte concrete e «affidarne lo studio preparatorio agli uffici ministeriali coadiuvati da scienziati competenti, per accertare le condizioni attuali del condizioni attuali del rancio militare, e del suo valore nutritivo e fisiologico» [1, p. 7].

Le sue parole furono ascoltate tanto che fu «Incaricato, nell'agosto del 1916, dal ministro della Guerra di uno studio sull'alimentazione del soldato e sulla confezione del rancio» [2, p. 7].

Silvestro Baglioni dopo aver preso visione, con una serie di ispezioni e sopralluoghi, della situazione elabora una proposta che viene accolta in un'*Istruzione sul servizio del vitto militare* che entra in vigore, a titolo sperimentale, nel successivo mese di dicembre. L'Istruzione è in tre parti. Nella prima vengono esposte, con un linguaggio accessibile, nozioni sull'alimentazione e sull'igiene. La seconda parte è dedicata alle norme pratiche per migliorare il servizio. La terza parte concerne l'organizzazione del servizio e, novità, su come realizzare dei corsi di istruzioni per gli addetti al confezionamento del rancio. Baglioni spiega la sua proposta: «Basandomi sulle osservazioni delle abitudini dei nostri soldati in famiglia e sui più recenti risultati degli studi di fisiologia e di igiene alimentare, proposi di diminuire le razioni di carne, portandole a tre volte la settimana, nella quota precedente di 200 grammi di carne bovina o di 190 grammi se congelata, dando facoltà di sostituire una tale razione per settimana, con carni di altra specie, ossia suina, ovina, e di pesce (bacalà)» [2, p. 4].

Le argomentazioni scientifiche apportate dal Baglioni a supporto sono basate sul superamento «[...] della preponderante importanza che, per il lavoro muscolare, avrebbe dovuto avere l'alimento carneo, si è sostituita la dottrina che il consumo delle sostanze azotate (proteiche) è un fatto costante dipendente da ben altri fattori (ad es. il rinnovamento di materiali cellulari perduti) che non dall'attività funzionale dei muscoli. L'energia muscolare implica solo consumo di carbo-idrati e grassi. Il regime alimentare dei lavoratori (operai e soldati) deve essere, quindi, ricco di queste sostanze e non di proteine, che inoltre mal sostituiscono le prime come materiale dinamogeno» [2, p. 7].

Baglioni critica il concetto diffuso, specialmente per opera di Rubner, sulla valutazione globale in unità termiche (calorie) del regime alimentare: «[...] Anche esso ha subito un radicale mutamento. Il principio, su cui era basato, della *isodinamia* dei tre gruppi dei principi alimentari secondo il loro coefficiente di combustione, si è dimostrato erroneo nel senso, che perché un dato regime possa soddisfare a tutti i bisogni fisiologici di organismi adulti, o in via di sviluppo, deve contenere indispensabilmente una data e fissa quantità di proteine. Neanche il princi-

pio della *isovalenza* delle diverse proteine si è dimostrato esatto. [...] le proteine di origine animale hanno un valore molto superiore a quello delle proteine vegetali, le quali pur differiscono notevolmente le une dalle altre. Le recenti conquiste chimiche sulla costituzione delle diverse sostanze proteiche spiegano tale diverso comportamento fisiologico delle proteine. Ma ancora un altro lato della fisiologia alimentare è stato recentemente messo in rilievo: quello dell'esistenza di altri principi nutritivi di natura ignota, sebbene di importanza capitale. Sono le cosiddette *vitamine* [...]» [2, p. 7].

Le modifiche più salienti nell'alimentazione del soldato furono: «[...] la diminuzione della carne, da 375 gr a 250, con la facoltà di sostituirla, per due giorni alla settimana, con altra carne, anche in scatola, o con del baccalà; l'aumento della pasta a gr 200 invece di gr 150; e nell'aggiunta di gr 200 di verdure e di gr 40 di formaggio ogni giorno» [2, p. 4].

Veniva raccomandato: «[...] l'uso di condimento preparato e conservato in scatole. Tale forma di condimento, proposto dalla Ditta Torrigiani di Sesto Fiorentino già nella guerra precedente italo-turca, è ora preparato da Stabilimenti Militari e da diverse Ditte di conserve alimentari» [2, p. 5].

La nuova razione prevedeva anche una diminuzione del lardo in favore dell'olio di oliva.

Baglioni non manca di evidenziare che con la sua riforma «[...] si economizzano, per settimana e per un milione di uomini di truppe territoriali e per un milione di soldati operanti, la cifra di 7375 buoi di 400 kg. l'uno» [2, p. 6].

Filippo Bottazzi [10] in *Note critiche sull'alimentazione dell'uomo*, scrive che solo in Italia le pubblicazioni sull'alimentazione mostrano una tendenza «[...] verso una riduzione della razione alimentare, in generale, e di quella di carne, delle sostanze proteiche, in particolare» [5, p. 4].

Riporta diversi lavori commentando con sarcasmo: «Queste idee, abbracciate senza propria critica sperimentale da Luciani, Rho etc., fanno capo essenzialmente a un libro del chimico-fisiologo americano Chittenden, il quale intraprese le sue ricerche prima su se medesimo, per curarsi di un reumatismo cronico che lo affliggeva. Questo libro fece molto rumore e fu molto ben accolto dall'innumerabile falange degli artritici e degli ipernutriti, i quali videro scemare le loro sofferenze dopo aver ridotto la propria razione alimentare» [5, p. 5].

Concentra poi la sua critica. «Finalmente, un opuscolo di Luciani e Baglioni comparso da poco, presta alle idee sostenute dagli Autori precedenti l'autorità di un Maestro e di un giovane cultore della fisiologia» [5, p. 4].

L'opuscolo in realtà è un libro di 240 pagine dal titolo: *L'alimentazione umana secondo le più recenti indagini fisiologiche*. Il Maestro è Luigi Luciani, Senatore del Regno d'Italia e direttore dell'Istituto di Fisiologia dell'Università di Roma, il giovane cultore della fisiologia è il «tenente colonnello medico di complemento Silvestro Baglioni» [5, p. 4].

Queste poche righe polemiche preparano la pesante accusa alla riforma

Baglioni: «Scienziati competentissimi in questo genere di studi hanno affermato che il soldato italiano, poco prima di Caporetto, era insufficientemente alimentato!» [5, p. 5].

Non cita nessuna fonte e presenta studiosi stranieri ed italiani che confermerebbero i *molteplici benefizi* dall'uso di una dieta ricca di proteine di origine animale, mentre in Italia il «[...] Regio Esercito si è affidato, al tenente colonnello Baglioni, il quale in materia ha al suo attivo solamente qualche ricerca di digestione artificiale» [5, p. 11].

Dopo aver criticato il concetto, espresso dal Baglioni in una intervista, che le sostanze proteiche in eccesso non sono utilizzate ma vengono eliminate, scrive: «Errori più gravi sono contenuti nell'opuscolo di (Luciani) e Baglioni. Lasciamo da parte le improprietà di linguaggio [...]» [5, p. 8] e inizia a sottolineare e ad evidenziare numerosi errori accusandoli, addirittura, di non conoscere la struttura degli amminoacidi e di ignorare la differenza tra processi idrolitici e ossidativi e, infine, aggiunge: «Ora, non importa affatto, in verità, che nozioni così elementari siano ignorate dal Baglioni; per questo io non mi sarei preso il disturbo di rilevare codeste inesattezze. La cosa incomincia ad impensierire quando a persone che ignorano queste cose è affidato il compito di dare consigli circa la alimentazione di milioni di uomini, dal cui vigore corporeo dipende le sorti di una nazione» [5, p. 9].

Alla fine dell'articolo Bottazzi argomenta, con dati, la sua accusa più grave: «Avanti Caporetto, i soldati italiani territoriali ricevevano una razione corrispondente a 2794 calorie [...] rilevando che all'inizio della guerra erano 4082 calorie» [5, p. 13].

Le critiche di Bottazzi vengono pubblicate con un articolo sostanzialmente simile, in francese, su *Scientia* [7] e il Baglioni scrive [3, p. 1] che il direttore Eugenio Rignano gli ha rifiutato la pubblicazione della rettifica. Strano e da evidenziare questo curioso comportamento.

La replica di Baglioni: «Filippo Bottazzi, prof. Ordinario di Fisiologia della Regia Università di Napoli, sotto la speciosa veste di un'obiettiva critica demolitrice di opinioni scientifiche e pratiche alimentari, espone in recenti pubblicazioni da Luciani, Rho, Belli, Intrito e da me, ha tentato di colpire più specialmente me con un rude attacco di polemica personale. Non spenderò parole per ribattere le accuse di ignoranza né per svelare il meschino motivo (del resto ben noto nel mondo accademico), che ha provocato lo scoppio del bottazzesco accesso polemico [...]» [3, p. 3].

Il meschino motivo è, forse, da ricercare nella recente nomina di Baglioni alla direzione dell'Istituto di Fisiologia dell'Università di Roma al posto del conterraneo Luciani.

Baglioni alla critica di non conoscere la struttura degli aminoacidi scrive che: « Il passo citato dal Bottazzi fa parte integrale dei concetti esposti dal Rubner nel suo articolo [...] che noi abbiamo riferito (come espressamente risulta nel testo) in dettaglio per poi sottoporli a critica [...] Le acerbe rampogne del Bottazzi dovrebbero quindi essere girate al Rubner, che egli d'altro canto esalta come vero maestro

nella scienza della nutrizione [...] Egli è però che la smania di trovare i più grossolani errori nel nostro opuscolo ha giocato un brutto tiro al Bottazzi; in quanto né il Rubner né noi, riferendo il passo abbiamo parlato di aminoacidi, ma solo di proteine. Il Bottazzi, noto autore di un trattato di chimica fisiologica, doveva sapere benissimo che non sono proprio la stessa cosa [...]» [3, pp. 4, 5].

E prosegue «Il delirio polemico non induce il B. soltanto a rinnegare i suoi Maestri, ma anche ripetutamente se stesso» [3, p. 5].

E inizia a citare vari passi in cui il Bottazzi entra in contraddizione: «Non abbiamo bisogno di insistere sul significato economico dei resultamenti di queste ricerche; e non tanto in riguardo dell'economia sociale, quanto e più, in riguardo dell'economia fisiologica; giacchè la dieta ideale è senza dubbio quella che conserva un organismo al massimo grado di vigore e di benessere col minimo consumo di materiali alimentari [...] Noi crediamo che il concetto fondamentale di Chittenden sia giusto e esatto» [3, p. 7].

All'accusa di incompetenza replica citando i suoi lavori sulla alimentazione e gli studi fatti in questi due anni. In merito all'accusa di avere sulla coscienza la responsabilità del disastro di Caporetto scrive: «Per eliminare ogni menomo dubbio in proposito forse non sembrerà superfluo ricordare che la razione dell'esercito operante all'epoca di Caporetto vigeva sin dal febbraio 1917; quindi nella radiosa epoca di inobliati fatti di armi precedenti la fine dell'ottobre del 1917; che essa era uguale per tutte le armate, e non limitata alla 2^a armata, e che essa permise l'epica resistenza sul Piave» [3, p. 13].

Dai lavori esaminati risultano evidenti le difficoltà nel determinare le calorie degli alimenti. Pugliese evidenzia che: «Il calcolo della razione del nostro soldato, sì in pace che in guerra, quale io ho riferito, è alquanto diverso di quello che il tenente colonnello Intrito ha fatto per preghiera del prof. Rho; perché io basandomi su analisi recenti, delle quali molte mie personali, ho assegnato a parecchi componenti della razione un contenuto un po' differente in principi nutritivi [...] Nel calcolo dell'Intrito le calorie sono al netto, cioè fu tenuto conto del coefficiente di assorbimento e di utilizzazione dei principi alimentari ingeriti; io ho calcolato al contrario, l'energia totale offerta colla razione, parendomi questo un dato più sicuro della valutazione dei limiti di assorbimento intestinali quando manca ogni analisi delle feci» [13, pp. 5, 6].

Bottazzi e Baglioni facendo riferimento a tabelle diverse hanno, ovviamente, risultati diversi e ulteriori argomenti di polemica. Infine Bottazzi accusa il Baglioni di non conoscere la differenza fra calorie nette e lorde, che risponde: «Sul pettegolezzo ricamato dal Bottazzi, circa le calorie lorde e nette che avrei, da studentello imbarazzato, confuse in una discussione del Comitato Scientifico per l'alimentazione, non è necessario che entri qui, avendo esso avuto la meritata sanzione da parte del Comitato stesso (verbale, della seduta del 24 giugno 1918)» [3, p. 11].

Considerazioni finali

La polemica si esaurì in pochi mesi e non si sono trovate, negli anni seguenti, tracce di incontri o scontri fra Bottazzi e Baglioni.

Forse, per comprendere i due uomini, i due scienziati, le loro idee e il loro tempo possono essere utili due citazioni, a venti anni dalla polemica. Giuseppe Bottazzi al VII convegno Volta: «Di suprema importanza la nutrizione è per il bambino e per la madre [...] Se si vuole che il piccolo essere umano si formi bene, cresca rigoglioso e forte, divenga un campione perfezionato della razza [...] è necessario che ne sia razionalmente, cioè scientificamente curata la nutrizione. [...] La Scienza della nutrizione offre, però, aspetti e problemi da studiare, non solo al ricercatore puro, ma anche al sociologo e all'economista, e quindi all'uomo di Stato, a cui sta a cuore il benessere del popolo e il rendimento del lavoro umano, l'incremento demografico della popolazione e il perfezionamento della razza [...]» [6, p. 9].

La rivista *Difesa della Razza* presenta la collaborazione di Silvestro Baglioni queste parole: «Notevole è il suo contributo di severo scienziato alla soluzione ed alla difesa di importanti problemi alimentari del popolo» [8].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Baglioni S., 1915. *L'alimentazione del soldato italiano*. Nuova Antologia, Roma.
- [2] Baglioni S., 1917. *L'alimentazione delle truppe di terra italiane*. Annali d'Igiene, XXVII, fasc. VIII, Roma.
- [3] Baglioni S., 1918. *A proposito di Note critiche sull'alimentazione dell'uomo del prof. Filippo Bottazzi*. Riforma Medica, XXIII, n° 24, Roma.
- [4] Baglioni S., 1917. *L'alimentazione delle truppe di terra italiane*. Annali d'Igiene, XXVII, fasc. VIII, Roma.
- [5] Bottazzi F., 1918. *Note critiche sull'alimentazione dell'uomo*. Riforma Medica, anno XXXIV, n° 24, Napoli.
- [6] Bottazzi F., 1938. Reale Accademia d'Italia Fondazione Alessandro Volta, Convegno di scienze fisiche, matematiche e naturali, Tema: Lo stato attuale delle conoscenze sulla nutrizione, Roma.
- [7] Bottazzi F., 1918. *Les problemes modernes de la nutrition*. Scientia, v. 23, 12. année, n. 62, 4 avril. Zanichelli, Bologna.
- [8] –, Difesa della Razza. Anno III, n. 2, 20 novembre 1939).
- [9] –, Dizionario Biografico degli Italiani. Volume XII, pp. 247-249, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma.
- [10] –, Dizionario Biografico degli Italiani. Volume XIII, pp. 420,421, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma.
- [11] –, https://www.youtube.com/watch?v=vH_UXMqnyXE
- [12] Priori D., 2005. *La chimica nelle opera di Silvestro Baglioni*. Atti del XI Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Cerruti Luigi, Turco Francesca, Torino, 21-24 settembre 2005; in Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, serie V, vol. XXIX, parte II, tomo II, 2005, pp. 147-156.
- [13] Pugliese A., 1915. *L'alimentazione del soldato di terra e di mare in pace e in guerra*. Gazzette degli ospedali. n° 84. Ravà Editori, Milano.
- [14] Rho F., 1915. *L'alimentazione del soldato di terra e di mare in pace e in guerra*. Ravà Editori, Milano.

Altri studi

Russell Henry Chittenden (1856-1943)

<http://www.the-aps.org/fm/presidents/Chittenden.html>

Max Rubner (1854-1932)

<http://www.mri.bund.de/en/de/max-rubner-institut/max-rubner.html>

Industria e conoscenza

ALBERTO GIRELLI* – ANNA SIMONINI* – FERRUCCIO TRIFIRÒ**

Il ruolo de «La Chimica e l'Industria» nei suoi 95 anni di storia

Summary – In this article we will present a brief history of the «*La Chimica e l'Industria*» retracing its life, the significance of the changes of its name, the directors who have succeeded and their editorial strategies outlined in their first editorial, and several publishers that published the magazine. We also analyze the relationships Giulio Natta had with the periodical, to give an example of its role for Italian Chemistry until the seventies and those of today's deputy director Ferruccio Trifirò, in order to show the changing role of the newspaper after the seventies.

Riassunto – In questo articolo presenteremo una breve storia de «*La Chimica e l'Industria*» ripercorrendo la sua vita, il significato dei cambiamenti del suo nome, i direttori che si sono succeduti e le loro strategie editoriali sottolineate nel loro primo editoriale, e le diverse case editrici che la pubblicarono. Inoltre saranno ricordati i rapporti che Giulio Natta ebbe con la rivista, per dare un esempio del suo ruolo per la Chimica italiana fino agli anni settanta e quelli dell'attuale vicedirettore Ferruccio Trifirò, allo scopo di mostrare il mutamento del ruolo del giornale dopo gli anni settanta.

Nota introduttiva

Come fonti di questa nota abbiamo riportato nella bibliografia i contributi scritti da due ex direttori, Angelo Coppadoro [3] e Alberto Girelli [4-7] e da un ex direttore della casa editrice, Giuseppe Sironi [14]. Un'altra fonte è stata il libro sulla SCI di un ex presidente, Gianfranco Scorrano [12]. Abbiamo inoltre citato stralci di editoriali di ex direttori della rivista. Fra gli autori di questa nota il prof.

* Redazione La Chimica l'Industria Piazza Morandi 2, 20121 Milano.

E.mail: anna.simonini@soc.chim.it

** Dipartimento Chimica Industriale «Toso Montanari» Viale Risorgimento 4, 40136 Bologna. E.mail: ferruccio.trifiro@unibo.it

Alberto Girelli è stato direttore de «La Chimica e l'Industria» in due diversi periodi, il prof. Ferruccio Trifirò è direttore di essa dal 1996, mentre la dott.ssa Anna Simonini (chimica) cura la redazione della rivista dal 1992 a tutt'oggi.

La nascita della rivista

La rivista «La Chimica e l'Industria», attuale organo ufficiale della Società Chimica Italiana (SCI), nacque col nome di «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE» nel 1919 con lo scopo di contribuire a far nascere anche nel nostro paese un'industria chimica significativa, come era stato in Germania durante i decenni che avevano preceduto la prima guerra mondiale, cercando di intensificare i rapporti fra mondo accademico e industria e viceversa.

Riportiamo una parte del primo editoriale del gennaio 1919 per spiegare le ragioni della nascita della rivista, come indicate dal comitato di redazione [9].

«Ciò che è accaduto durante la guerra ha insegnato a tutti quale sia l'importanza della chimica nell'economia mondiale e quale fosse l'inferiorità dei paesi alleati in questo campo. Non c'è esagerazione nel dire che se la Germania ha potuto così a lungo resistere nella lotta nonostante una così schiacciante inferiorità naturale di forze lo deve unicamente alla sua meravigliosa preparazione nella chimica tecnica. Ma la guerra non ha fatto che rendere evidente anche ai profani uno stato di cose che da gran tempo era noto agli osservatori attenti e competenti, la posizione economica che una nazione occupa oggi nel mondo dipende in larga parte dello sviluppo che presso di essa hanno raggiunto alcune scienze sperimentali: la meccanica, la fisica, la chimica e le loro applicazioni. E fra queste l'importanza della chimica va continuamente aumentando sia qualitativamente che quantitativamente. Tutte le industrie, può dirsi, vanno ogni giorno diventando sempre più chimiche. Un giacimento di capacità scientifiche e tecniche può essere altrettanto importante quanto un giacimento di minerali e più spesso controbilanciare condizioni naturali sfavorevoli. Ora perché questo corpo di tecnici possa mantenere il voluto grado di efficienza, è necessario che esso posseda mezzi adeguati di studio e di informazione. Un giornale che metta rapidamente al corrente dei progressi delle applicazioni industriali della scienza è fra questi mezzi di documentazione in gran lunga il più importante. Giornali di chimica applicata di questo genere esistono da anni in Germania, in Inghilterra, da minor tempo in America ed i più importanti di essi sono pubblicati sotto gli auspici di quelle Società chimiche. L'anno scorso si è costituita in Francia con intenti identici ai nostri la *Société de Chimie Industrielle* che ha iniziato la pubblicazione del giornale *Chimie et Industrie*. La necessità che anche in Italia sorgesse un organo di questa natura scritto espressamente da chimici italiani e che tenesse conto particolare delle condizioni e degli interessi del nostro paese, era evidente. Esso non deve interessare solo ai chimici propriamente detti, ma agli industriali ed a tutti coloro che con le industrie chimiche hanno affinità, contatti, legami di affari. Esso accoglierà anzitutto le memorie e contribuzioni originali che gli perverranno sui vari capitoli e problemi della chimica applicata. in modo da dare un quadro delle attività dei chimici italiani in questo campo della ricerca scientifica e tecnica. Ma la parte più importante deve essere dedicata alla documentazione, ossia a tenere informati i lettori dei progressi dei singoli rami della chimica e delle industrie chimiche. Rientrerà

naturalmente in questo un esame critico dei principali brevetti italiani ed esteri presi nei singoli rami d'industria. Infine verrà la parte economica commerciale e finanziaria a cui intendiamo dare un largo sviluppo, comprendente articoli che discutono i problemi economici sociali e legislativi dell'industria chimica, notizie del movimento industriale e commerciale e dell'andamento dei mercati e dei prezzi, statistiche ecc.».

La rivista fu creata a Milano, dove è rimasta la sede redazionale a tutt'oggi, dall'appena nata Società di Chimica Industriale fra i cui membri spiccavano due industriali, il presidente Alberto Pirelli e Giovanni Morselli (fondatore della Carlo Erba) e due professori universitari di Milano Giuseppe Bruni (con cui si era laureato Natta) ed Ettore Molinari, professori al Politecnico di Milano. Questi ultimi due erano anche membri del comitato di redazione. Il direttore della rivista era il prof. Angelo Menozzi (vice presidente della Società) e membri della redazione il prof. Giacomo Mario Levi (primo preside della Facoltà di Chimica Industriale di Bologna e fondatore della Stazione sperimentale dei Combustibili), il prof. Livio Cambi (che aveva fondato la scuola di Chimica Industriale di Milano) e due industriali, il dott. Roberto Lepetit e il dott. Gaspare de Ponti; il segretario era il dott. Vittore Ravizza.

I Direttori

Dall'agosto 1919 al febbraio 1920 fu nominato come direttore il prof. Angelo Menozzi, che era anche vice presidente della Società di Chimica industriale di Milano. Menozzi era stato uno dei primi professori di chimica agraria, nel 1896 prese la direzione del Laboratorio di Chimica Agraria, ed estese la ricerca dalla chimica organica ad argomenti di chimica vegetale e agraria e creò la Società Agraria della Lombardia. Menozzi aveva anche coperto dal 1909 al 1913 la carica di consigliere comunale, di assessore e poi di assessore anziano a Milano.

Dal marzo 1920 al marzo 1959 diventò direttore il prof. Angelo Coppadoro, che curò sulla rivista recensioni di articoli e di libri ed alcuni articoli tecnologici. Coppadoro nel 1907 prese la libera docenza in chimica generale ed ebbe l'incarico di chimica fisica al Politecnico di Milano, effettuando ricerche nel campo dell'elettrochimica. Coppadoro insegnò dal 1909 al 1915 in Istituti tecnici, fu vicedirettore della Rumianca e dal febbraio 1917 all'armistizio fu capo del servizio chimico della 6^a armata e continuò ad insegnare in istituti tecnici di Piacenza e poi a Legnano fino al 1940. Coppadoro fondò l'ITIS di Milano e ne fu preside dal 1940 al 1949. Coppadoro era anche un cultore della storia della chimica e scrisse il libro «I chimici italiani e le loro associazioni».

Dall'aprile 1959 fino al 1970 divenne direttore il prof. Alberto Girelli che curò sulla rivista articoli tecnologici e recensioni. Girelli iniziò la sua attività di ricerca presso la Stazione Sperimentale dei Combustibili (allora presso il Politecnico di Milano) nel 1947 e divenne assistente di ruolo statale nel 1950, ed anche responsa-

bile della «Rivista dei Combustibili». Alla fine del 1958, avendo accettato il posto di direttore tecnico della SpA Editrice di Chimica e di direttore responsabile di «LA CHIMICA E L'INDUSTRIA», Girelli lasciò la Stazione Sperimentale dei Combustibili. Il periodo, in cui Girelli coprì la carica di direttore, furono gli anni d'oro dell'industria chimica italiana per cui la rivista andava benissimo, con la prima di copertina che veniva assegnata con un anno d'anticipo data la ressa delle aziende per ottenerla. Girelli rimase direttore fino al 1969 e poi ritornò nel periodo 1990-1993. Sotto la direzione di Girelli, Natta ed i suoi collaboratori utilizzarono la rivista per pubblicare velocemente i loro dati di grande rilevanza industriale. Girelli ha pubblicato in riviste scientifiche più di 250 lavori ed è stato autore/coautore di diversi trattati: *Il Petrolio grezzo, raffinazione, prodotti*; *Trattato di Chimica industriale e applicata*; *Tecnologia del petrolio*; *Petrochimica*; *La raffinazione del petrolio - Chimica e tecnologia*. Girelli è stato anche professore universitario a Pisa e a Genova, presidente del Consiglio Nazionale dei Chimici, presidente della Sezione Lombarda della SCI e della Divisione di Chimica industriale della SCI.

Dal 1971 al 1984 divenne direttore il Dott. Federico Parisi, che curò sulla rivista editoriali e recensioni di articoli e di libri. Federico Parisi era un ricercatore della ditta Eridania, lavorava nel campo delle fermentazioni ad alcool e prima di diventare direttore aveva scritto nel 1967 un libro per le scuole per periti «Chimica e sperimentazione» (2 volumi della Zanichelli) e nel 1969 un «Trattato di chimica industriale e applicata» con Alberto Girelli e Leno Matteoli, (2 volumi della Zanichelli). Senz'altro la pubblicazione di questi libri aiutarono la sua candidatura come direttore della rivista. Scrisse, inoltre, il libro «La rivoluzione biotecnologica» nel 1985 al termine del suo mandato come direttore.

Nel 1985 divenne direttore prof. Lamberto Malatesta, presidente della Società Chimica Italiana. Dal 1986 al 1989 il Dott. Domenico Giusto fu nominato direttore della rivista; egli insegnava alla Bicocca a Milano e sarebbe poi divenuto direttore della rivista «Inquinamento». Dal 1990 al 1993 il prof Alberto Girelli, che aveva terminato la direzione della Stazione Sperimentale dei Combustibili, ritornò ad essere il direttore scrivendo editoriali, articoli tecnologici e di attualità.

Dal 1994 al 1995 il prof Ivano Bertini, presidente della SCI divenne anche direttore della rivista scrivendo editoriali, ma ebbe anche un condirettore Vittorio Fattore (questa fu la prima e l'unica volta) ex ricercatore Snamprogetti che aveva il compito di curare la redazione e scrivere articoli tecnologici.

Dal 1996 al 2013 divenne direttore il prof. Ferruccio Trifirò che scriveva editoriali ed articoli tecnologici. Dal 2014 a tutt'ora è diventato direttore il prof. Armando Zingales, presidente del «Consiglio Nazionale dei Chimici»; vice direttore e responsabile editoriale della rivista è rimasto il prof. Ferruccio Trifirò.

Quindi dei direttori della rivista Minozzi, Malatesta, Bertini e Zingales hanno ricoperto l'incarico solo per breve tempo, in base alla loro carica istituzionale nelle diverse Società; Coppadoro, Girelli Parisi e Giusto, dopo una previa breve attività professionale come chimici, sono stati assunti come direttori dalla casa editrice;

GIORNALE
DI
CHIMICA INDUSTRIALE

Publicato dalla SOCIETÀ DI CHIMICA INDUSTRIALE di Milano

*Ufficiale per atti della Società di Chimica Industriale di Milano
dell'Associazione Chimica Industriale di Torino
e dell'Associazione Nazionale Industriali Chimici*

COMITATO DI REDAZIONE

Prof. ANGELO MENOZZI, *Presidente* - Prof. GIUSEPPE BRUNI - Prof. LIVIO CAMBI
Dott. GASPARE DE PONTI - Dott. ROBERTO LEPETIT - Prof. CAMILLO LEVI
Prof. ETTORE MOLINARI - VITTORE RAVIZZA, *Segretario di Redazione*

ANNO 1°

1919

MILANO - Via S. Paolo, 10

Esempio di copertina della rivista del 1919.

mentre Trifirò ha avuto l'incarico onorifico da parte del presidente della SCI Bertini e poi confermato dai successivi presidenti.

Le case editrici

Fino al 1929 la rivista era in mano alla Società di Chimica industriale di Milano. Nel 1930 per gestire la rivista ed altre attività editoriale fu fondata la società Anonima Editrice di Chimica con sede a Milano che gestì la rivista fino al 1994 quando subentrò l'Editrice di chimica Srl, società in mano della SCI. Il direttore di questa casa editrice fu Giuseppe Sironi, ex dirigente dell'Eni. Nel 1995 la casa editrice passò ad una società esterna la Bias-RichMac. Il RichMac si definiva sulla rivista come «Organo ufficiale della rassegna internazionale della chimica e MAC». La fiera BIAS era la Biennale Internazionale dell'Automazione, Strumentazione e Microelettronica, organizzata dalla società EIOM, nata nel 1956. La fiera RICH-MAC era la Rassegna Internazionale della Chimica, organizzata sempre da EIOM nata negli anni '60 e dedicata all'industria e all'impiantistica chimica; si svolgeva, in Fiera di Milano con cadenza triennale, abbinandosi al MAC, mostra della apparecchiature chimiche dedicata al laboratorio e all'analisi chimica.

Dal 2002 la rivista andò in mano alla società olandese VNU che aveva acquistato la BIAS e la Chimica e l'Industria entrò a far parte del Gruppo VNU Business Publications Italia. Dal 2004 dopo che all'improvviso la VNU ruppe i rapporti con la rivista, fino al 2013 la stampa della rivista passò alla società italiana Promedia. La Promedia come la Bias e la VNU curavano una parte dei lavori pubblicati sulla rivista e la pubblicità.

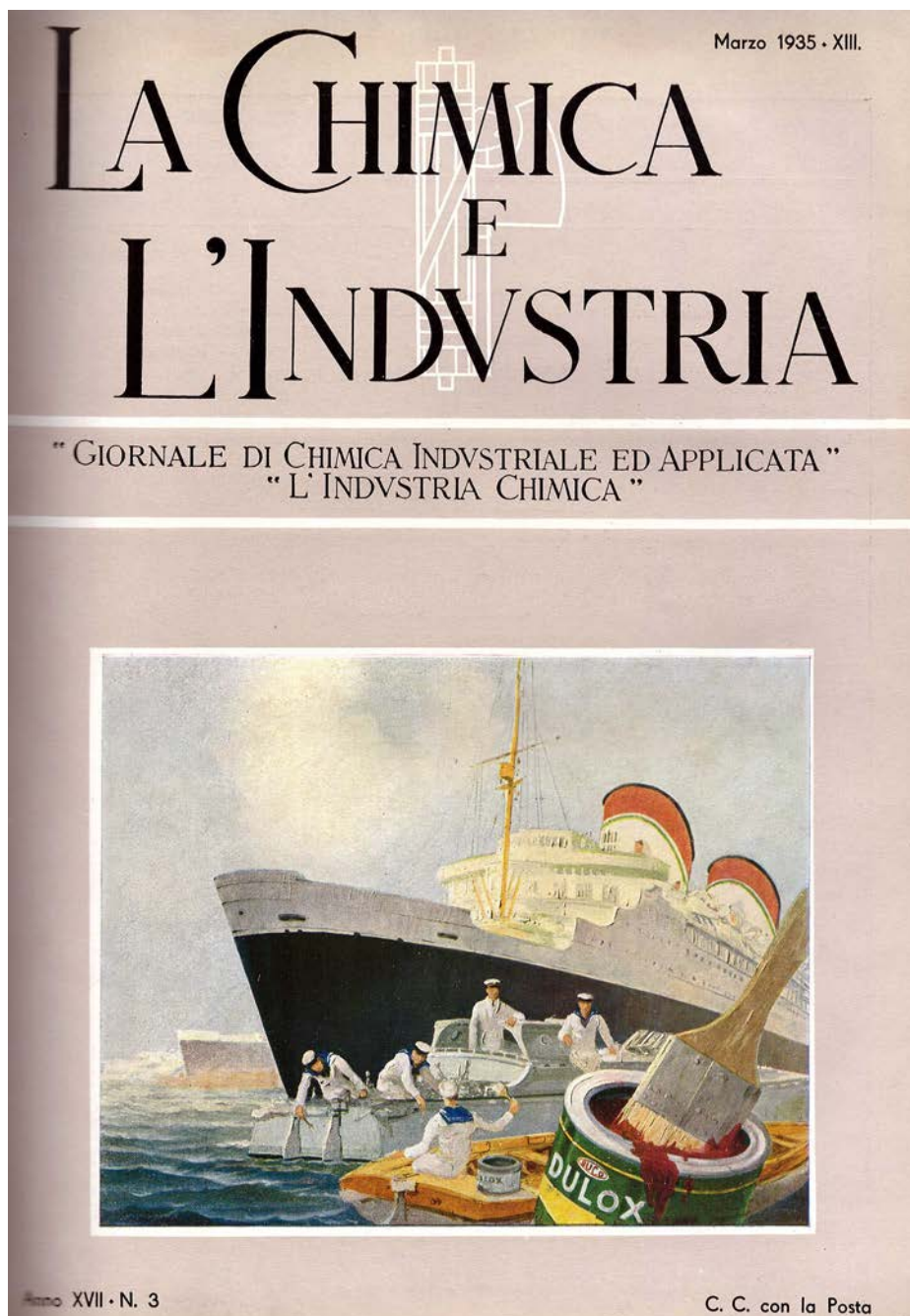
Dal 2014 la gestione della stampa della rivista è passato al Consiglio Nazionale dei Chimici che prima ha mantenuto la sua rivista «Il Chimico italiano» che veniva spedito insieme alla rivista della SCI e poi inserì il suo giornale all'interno de «La chimica e l'Industria» per poi separarlo di nuovo nel 2016.

Le denominazioni nel tempo

La storia dei cambiamenti dei nomi e dei sottotitoli della rivista, quest'ultimi che menzionavano le riviste che avevano sostituito e/o le società a cui il periodico apparteneva, è emblematica per capire l'evoluzione avvenuta nel corso degli anni ed il ruolo che essa ha avuto nella chimica italiana.

La rivista nacque come detto nell'agosto 1919 col nome di «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE», nome che mantenne fino all'aprile 1920; la rivista era il frutto della riunione della Società di Chimica Industriale di Milano (appena nata) e della Società di Chimica Industriale di Torino, che era stata fondata nel 1899 e che aveva anche un suo giornale che venne poi chiuso.

Dal marzo 1920 al dicembre 1934 la rivista cambiò nome in «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE ED APPLICATA» frutto del coordinamento delle due società pre-



Esempio di copertina della rivista del 1935.

cedenti con la Associazione di Chimica Generale ed Applicata di Roma che chiuse il suo giornale dal nome «Giornale di Chimica Applicata» di cui era uscito all'epoca un solo fascicolo. Nel 1929 nacque anche l'Associazione Italiana di Chimica, frutto della riunione delle precedenti società, che poi divenne la «Società Chimica Italiana».

A partire dal 1935 fino al 1972 la rivista cambiò nome in «LA CHIMICA E L'INDUSTRIA» con un ben evidente sottotitolo: «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE E APPLICATA, L'INDUSTRIA CHIMICA». Infatti tale cambiamento era il frutto della fusione della rivista con «L'INDUSTRIA CHIMICA», periodico pubblicato dalla Federazione Nazionale degli Industriali dei Prodotti Chimici, con sede a Roma, che venne quindi chiuso.

La rivista ha cambiato, quindi, nome dalla sua nascita al 1935, e poi lo ha preservato fino al 1972, eliminando altre riviste presenti e diventando il frutto della riunificazione di società diverse di chimica presenti in diverse città italiane, ma mantenendo sempre la numerazione iniziale del «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE», nato nel gennaio 1919.

Dal 1973 al 1985 la rivista conservò il nome di «CHIMICA E L'INDUSTRIA» ma non c'era più il sottotitolo, ma le informazioni presenti nei sottotitoli precedenti erano nella copertina leggermente separati dal titolo. Dal 1986 al dicembre 1989 la rivista modificò il nome in «LA CHIMICA & L'INDUSTRIA»; il cambiamento di E con & molto probabilmente era motivato dal ritenere che la rivista non era più l'espressione di due mondi diversi, ma doveva trattare le interazioni della chimica con l'industria. Inoltre non c'era più il sottotitolo che ricordava le riviste che l'attuale aveva inglobato, ma solo distante sulla copertina c'era una nota che ricordava che la rivista aveva sostituito il «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE E APPLICATA» e «L'INDUSTRIA CHIMICA» e di essere «*Organo ufficiale delle Società Chimica Italiana*».

Dal gennaio 1990 fino al luglio 1995 la rivista riprese il nome di «LA CHIMICA E L'INDUSTRIA» ma la scritta «*Organo ufficiale della Società Chimica Italiana*», fu messa come sottotitolo in posizione ben più evidente che nel passato e vennero eliminate tutte le altre indicazioni storiche. In questo periodo divenne prima direttore Alberto Girelli, che già lo era stato in passato. Successivamente assunse la direzione l'allora presidente della Società Chimica Italiana, Ivano Bertini. Il cambiamento del titolo e del sottotitolo fa intuire che si confermava la strategia di distacco parziale dal mondo industriale e dalle tradizioni del passato e sottolineava che la rivista non era solo dei solo chimici industriali, ma di tutti i chimici.

Dal numero di agosto-settembre 1995 fino al 1997 il nome cambiò di nuovo in «LA CHIMICA E L'INDUSTRIA» e ricomparve il vecchio sottotitolo «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE E APPLICATA, L'INDUSTRIA CHIMICA» mentre solo lateralmente fu riportato «*Organo Ufficiale della Società Chimica Italiana*». Questa modifica avvenne con il passaggio della casa editrice dalla SCI ad un società esterna BIAS-RICH MAC che si interessava di pubblicità industriale e che ci teneva a mantenere i simboli dei vecchi legami con il mondo industriale.

LA CHIMICA E L'INDUSTRIA

Giornale di chimica industriale ed applicata
L'Industria Chimica

• **Cosmetica in Italia**
• **IV Programma Quadro**
• **Bollettino UNICHIM**

Anno
77

1995
Agosto/
Settembre
Numero 8

Organo Ufficiale della Società Chimica Italiana

speed. in abb. post. 50%/B/G



RICHMAC Organo Ufficiale della Rassegna Internazionale della Chimica e Mac

Esempio di copertina della rivista del 1995.

Dal 1998 al 2003 la rivista conservò il nome di «LA CHIMICA E L'INDUSTRIA» e riprese di nuovo il vecchio sottotitolo in «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE E APPLICATA, L'INDUSTRIA CHIMICA» con aggiunta «*Organo ufficiale della Società Chimica Italiana*». Quest'ultima aggiunta era stata introdotta per dare maggiore importanza al fatto che la rivista era appunto l'organo ufficiale della Società Chimica Italiana. Dal 2004 al marzo 2008 con il cambiamento della casa editrice con un'altra azienda pubblicitaria, la Promedia, cambiarono di nuovo il titolo ed i sottotitoli: in alto sulla copertina «*Organo ufficiale della Società Chimica Italiana*» e sotto il titolo «LA CHIMICA & L'INDUSTRIA» ed il sottotitolo «GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE E APPLICATA, L'INDUSTRIA CHIMICA», per evidenziare meglio il nuovo rapporto con il mondo industriale. Dal 2008 al 2013 rimase il titolo «LA CHIMICA & L'INDUSTRIA» e cambiò ancora di nuovo il sottotitolo diventando solo «*Organo ufficiale della Società Chimica Italiana*» com'era stato nel periodo 1994- 1995, questo per richiesta di alcuni membri del Consiglio della SCI che non apprezzavano molto l'aspetto troppo applicativo della rivista. Contemporaneamente avvenne la separazione degli articoli della Promedia dagli articoli della SCI, che inoltre non avevano più pagine di pubblicità interne.

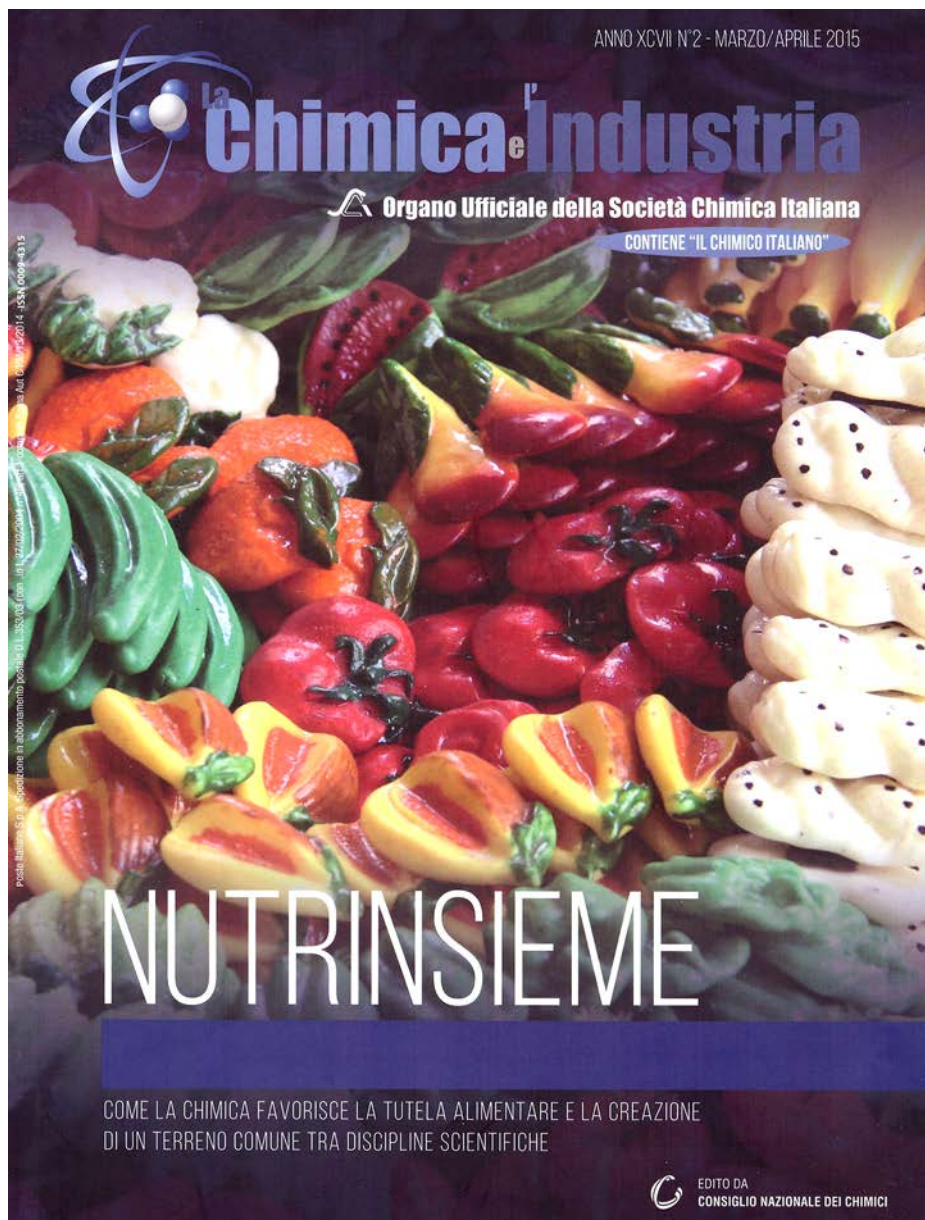
Dal gennaio 2014 al febbraio 2015 di nuovo la rivista cambiò il suo nome in «La Chimica e l'Industria» senza più caratteri maiuscoli e come sottotitolo era presente «*Organo ufficiale della Società Chimica Italiana*». La presenza della congiunzione «e» evidenziava che la rivista sarebbe stata di nuovo l'espressione di due mondi, quello chimico e quello industriale, ma questa era in realtà solo la strategia futura, come espresso nel primo editoriale, inoltre la non presenza dei caratteri in stampatello maiuscolo, che erano stati presenti in tutta la storia della rivista, serviva per dare un segnale di cambiamento della casa editrice.

Dal marzo al dicembre 2015 pur rimanendo ancora il nome di «La Chimica e l'Industria» il sottotitolo è di nuovo cambiato in «*Organo ufficiale della Società Chimica Italiana. CONTIENE IL CHIMICO ITALIANO*». Con questa modifica le pagine della rivista il «IL CHIMICO ITALIANO» sono state inserite all'interno de «La Chimica e l'Industria» e viene così spedita una sola rivista.

Dal Gennaio 2016 rimane ancora il vecchio titolo e come sottotitolo c'è solo «*Organo ufficiale della Società Chimica Italiana*» e la rivista non contiene più «IL CHIMICO ITALIANO» che viene pubblicato separatamente.

Le strategie editoriali

La massima espansione della rivista si è avuta negli anni intorno al 1963; questo perché oltre al fatto che Natta prese quell'anno il premio Nobel per la chimica, si assisteva in quei tempi ad un grosso sviluppo dell'industria chimica italiana. Questa espansione della rivista è dimostrata dal fatto che nell'occasione della rassegna internazionale della chimica a Milano avvenuta nel 1963, uscì un numero che conteneva, oltre a 120 pagine di testo, 372 di pagine di pubblicità. Inoltre dal



Esempio di copertina della rivista del 2015.

1961 per quattro anni funzionò negli Stati Uniti un ufficio per la traduzione in inglese dei principali lavori di ricerca della rivista. Infine nel 1965 fu avviato il supplemento «Quaderni dell'ingegnere chimico» che accompagnava la rivista. A partire dalla sua nascita fino al 1970 la rivista è stata il giornale sui cui gran parte dei chimici industriali pubblicavano essenzialmente articoli originali e venivano inoltre riportate notizie sull'industria chimica italiana. Natta vi aveva scritto i suoi primi lavori di Chimica industriale, come ricordato da Trifirò [15]. Si può senz'altro affermare che se si vuole avere informazioni sull'industria chimica italiana e sulle innovazioni nel settore della chimica industriale di quei tempi, non si può che leggere la rivista. Per esempio nel libro di Trinchieri [10] sulla storia dell'industria chimica italiana, molte sono le citazioni di articoli pubblicati su «LA CHIMICA E L'INDUSTRIA».

Dopo il 1971, con Parisi come direttore, la rivista si è aperta non solo ad articoli scientifici originali di chimica industriale, ma anche a rassegne di tipo scientifico su altri settori della chimica. Nel 1990, con ancora Girelli come direttore, venne confermata questa apertura ad altri settori della chimica. Nel 1994, con Bertini come presidente, è stato ufficialmente dichiarato che la rivista non doveva più pubblicare articoli originali scientifici, ma doveva essere una rivista di rassegne di tutta la chimica. Con Trifirò, a partire dal 1996, si sono confermate le strategie dei precedenti direttori, ma si è sottolineata anche l'importanza di avere articoli dal mondo industriale per favorire l'innovazione. Nel 2000 avvenne una grande rivoluzione con la pubblicazione della rivista sul sito web. Nel 2014 avvenne un ulteriore cambiamento con la unificazione con l'Ordine dei chimici e pubblicazione prima delle due riviste insieme e dopo nel 2015 con la pubblicazione di una sola rivista.

Qui di seguito sono riportati alcuni frammenti del primo editoriale dei diversi direttori della rivista che si sono succeduti dopo il 1970, quindi dopo il periodo d'oro, dove vengono sottolineate le diverse strategie che avrebbero adottato nel condurre la rivista e queste informazioni danno un'idea dei cambiamenti che poi sono avvenuti nel corso degli anni.

Federico Parisi nel suo primo numero come direttore [11] scrisse un editoriale dal titolo «Programmi ed aspirazioni»

«Vuole la tradizione che con l'inizio dell'anno si mette in mostra qualche novità. Un nuova rubrica intitolata "problemi, proposte, dibattiti" ha visto la luce per quanto un po' in anticipo, già nel numero di dicembre.Vorrei essere un direttore di scontro. Questa rubrica è fatta quindi apposta per concedermi questo sfizio, appassionato, interessato e magari – perché no – provocatorio che essa intende suscitare. Chi ha qualcosa da dire e da controbattere si faccia avanti. Un'altra novità sta nelle "rassegne". In questo numero ve ne sono addirittura tre ed una quarta compare nei "Quaderni dell'Ingegnere chimico". Mi si dirà che sono comunicazioni presentate al Convegno di Bari, ma sono pur sempre "rassegne" su temi di interesse generale. Rassegne, dunque, di informazione, di aggiornamenti su un tema di interesse generale... E su questa strada che vogliamo del resto metterci. Senza per nulla alterare la natura e la strategia della rivista vogliamo dare qualche cosa in più, come è di moda oggi. Solo che, invece del bianco impossibile, vogliamo dare più informazioni, più occasioni di aggiornamenti e sempre più spesso con testi originali».

Alberto Girelli nel suo primo numero come direttore [8] scrisse un editoriale dove espose il suo programma editoriale.

«La Chimica e l'Industria non è una qualunque rivista di chimica. È l'organo ufficiale della Società Chimica Italiana. Questo le impone vincoli e nello stesso tempo le conferisce un carattere particolare. Per tradizione è il periodico della SCI che pubblica i lavori originali di chimica industriale. Ed è da sempre riferimento culturale e informativo di chi si occupa di chimica in Italia e diffonde nel mondo l'immagine della ricerca e dell'industria chimica italiana. I compiti istituzionali della SCI, quelli di collegare la ricerca di base e applicazioni industriali della chimica e quello di diffondere la cultura chimica possono essere realizzati assai bene da un organo di informazione composito come è questa rivista. La Chimica e l'Industria sarà perciò lo strumento per aprire il dibattito sui temi di fondo. È per questo sarà incoraggiata la pubblicazione di rassegne e conferenze su argomenti di attualità della chimica fondamentale».

Ivano Bertini nel suo primo numero come direttore scrisse un editoriale dal titolo «Un rivista di scienza deve essere anche una rivista» [1].

«Dal 1994 la rivista non pubblica più articoli scientifici originali. "La Chimica e L'Industria" pubblicherà articoli di attualità, rassegne di scienza e tecnologia, commenti sui diversi aspetti della chimica, rubriche varie e notizie SCI. La lingua italiana insieme all'inglese saranno usate ad libitum come è stato fatto finora».

Nel 1995 Ivano Bertini presidente della Sci e direttore della rivista compì un cambiamento epocale chiudendo la casa editrice legata alla Sci e realizzando un'unione con una casa editrice esterna la Bias - Mac la quale avrebbe curato non solo la stampa, ma anche la redazione di altri articoli non legati alla SCI, ma concentrati su aspetti applicativi ed industriali della chimica. Questa unione fu annunciata con un suo editoriale dal titolo il «Colpo di fulmine» [2].

«Il colpo di fulmine del caso è quello che c'è stato fra Giuseppe Sironi direttore dell'Editrice di Chimica che possiede la testata de La Chimica e l'Industria e Mario Gargantini direttore editoriale del gruppo Bias che pubblica Rich Mac Magazine, organo ufficiale della Rassegna Internazionale della Chimica (RICH) e Mac (mostra attrezzature chimiche). Essi si sono accordati per unire le due testate. La Chimica e l'Industria ha una tiratura variabile da 5000 a 6000 copie principalmente per i soci della Società Chimica Italiana. Rich Mac Magazine stampa circa 14.000 copie indirizzate principalmente agli operatori economici nel campo chimico e sostegno dell'industria chimica Mac. Il nuovo prodotto l'avete in mano. Lo spirito serio con prestigiosi articoli tipici de "La Chimica e l'Industria" rimane e si unisce ad uno spirito di intraprendenza e di apertura verso l'apparato economico che usa e finanzia il giornale. La ricerca dell'equilibrio in questa seconda parte è delicata e sicuramente i lettori di una parte o dell'altra troveranno da ridire vuoi sull'eccesso di presentazioni di aziende e simili vuoi sugli articoli scientifici o di attualità in inglese. Si può dire che c'è un arricchimento culturale complessivo derivante dalle sinergie che si potranno attuare grazie a questa operazione».

Ferruccio Trifirò nel suo primo numero come direttore [16]. scrisse un editoriale dal titolo «Una rivista per l'innovazione».

«Certamente non si chiedono lavori originali, questi trovano una più appropriata collocazione nelle riviste specialistiche di settore; ma parimenti credo che un ricercatore debba mostrare la capacità di illustrare i propri risultati anche ad un pubblico di non specialistici e trovi il giusto orgoglio e la necessaria presunzione di pensare che i risultati più significativi del proprio lavoro debbano essere conosciuti e possono essere utili a chi opera nel mondo produttivo e nei servizi. D'altra parte credo che sia necessario che chi opera nel mondo industriale attraverso la collaborazione alla rivista, debba trovare il tempo necessario per riflettere sui limiti delle tecnologie che utilizza e confrontarle con altre disponibili o non ancora accessibili. In più egli deve essere stimolato e pronto a trasformare i problemi e gli obiettivi industriali in domande di conoscenza chimica e di tecnologie alternative, innescando così la collaborazione e l'interesse del mondo scientifico. Tutti inoltre dovranno avere apertura tale ed audacia sufficiente ad uscire dal proprio ambiente e cogliete l'impatto che ha la chimica sul mondo che li circonda, nonché le implicazioni delle scelte politiche e legislative sulla chimica concretizzando poi le proprie riflessioni e critiche costruttive in articoli di attualità e lettere al direttore. La rivista potrà così diventare sempre più uno strumento per l'innovazione, un mezzo per la circolazione veloce delle idee delle conoscenze e dei problemi, un'occasione per la mutuaione e l'ibridizzazione di tecnologie diverse ed un punto di riferimento comune per chi opera nei diversi settori della chimica di questo paese».

Nell'agosto 2000 è avvenuto un secondo grosso cambiamento, la collocazione della rivista sul sito web, evidenziato sulla rivista con un editoriale dal titolo «Navigare fra le molecole» firmato dal direttore Trifirò e dal responsabile della BIAS Gargantini [17].

«Dal numero di Luglio-Agosto 2000 la rivista ha iniziato a pubblicare articoli in inglese solo sul sito web in una rubrica dal titolo Science and Technology. Il vento del web ha raggiunto anche La Chimica e l'Industria da questo numero gli abbonati oltre alla copia cartacea potranno navigare fra le pagine della rivista tramite il sito della BIAS (e da Gennaio 2001 sul sito della SCI). La decisione di passare on line ha comportato delle scelte conseguenti. Alcuni articoli, in particolare quelli in inglese della sezione Science & Technology e alcuni della sezione Chimica e troveranno la loro collocazione più adeguata nella vetrina cosmopolita del web e non saranno presenti nelle copie cartacee che quindi subiranno un certo alleggerimento compensato tuttavia da una maggiore attenzione all'attualità e a quanto emerge dalla vita delle aziende coerentemente con il nome della rivista».

Nel gennaio 2004 la rivista cambiò di nuovo casa editrice e realizzò un accordo con Promedia che curava solo delle riviste ma non aveva attività pubblicitaria e di organizzazione di fiere commerciali come la Bias- RICH Mac. Il presidente della SCI di allora Giovanni Natile spiegò l'origine del cambiamento della casa editrice nel numero di Gennaio-Febrero dal titolo «La Chimica - Innovazione e interdisciplinarietà» [10].

«Con questo numero "La Chimica e l'Industria" ha cambiato veste, è diventata più chimica e meno componenti meccaniche. Di fatto siamo tornati alla veste che avevamo prima del gennaio 2001 quando fu firmato l'accordo (per un triennio) con il Gruppo Bias. Con il 2004, quindi, "La Chimica e l'Industria", edita da Pro-

media Publishing, può tornare a svolgere in pieno il ruolo di luogo di dibattito, d'informazione e di comunicazione scientifica che gli era proprio. È un ciclo che si chiude ed uno nuovo che si apre, sta a noi far tesoro dell'esperienza passata e cogliere le nuove opportunità che si presentano. Come si potrà evincere dal seguito di questo mio intervento la chimica sta cambiando aspetto ma non per questo sta perdendo la sua identità e "La Chimica e l'Industria" potrà essere un utile mezzo per veicolare questo messaggio».

Mentre con la Bias gli articoli della SCI e quelli della BIAS erano mescolati insieme, con la Promedia avvenne una separazione degli articoli con l'eliminazione, dopo qualche anno, della pubblicità dalle pagine degli articoli della SCI.

Nel primo numero del 2014 nell'editoriale dal titolo «Le ragioni della scelta» Raffaele Riccio presidente della Sci e Armando Zingales presidente del consiglio nazionale dei Chimici e nuovo direttore della rivista puntualizzano i cambiamenti e i nuovi obiettivi [13].

«La Chimica e l'Industria e il Chimico Italiano giungono oggi congiuntamente a tutti i suoi soci della Società Chimica Italiana ed a tutti gli iscritti agli Ordini dei Chimici. La chimica e l'industria è una rivista di scienze e tecnologia e di informazione scientifica per i chimici con una importante storia pluriennale che s'intreccia con quella della Società Chimica Italiana, di cui essa è anche l'organo ufficiale. L'obiettivo finale qualificante che tale accordo non muove solo da motivazioni economiche. L'obiettivo finale qualificante è infatti il passaggio ad una rivista unica che in prospettiva coinvolgendo anche altre parti interessate possa candidarsi ad essere una rivista di riferimento in termine di informazione e divulgazione informativa, di tutti coloro che in Italia si interessano di Chimica».

Con questo cambiamento i numeri della rivista stampata si ridussero a 5 mentre altri numeri erano presenti solo nel sito web della SCI.

I rapporti con Giulio Natta

Prendere come esempio il rapporto di Giulio Natta con la rivista, non è solo motivato dal fatto che è stato premio Nobel per la Chimica, ma anche perché serve a caratterizzare il ruolo che ha avuto la rivista per i chimici industriali dalla sua nascita fino al 1970. Natta dal 1923 al 1954 su 207 lavori pubblicati ne scrisse sulla rivista 42, aventi per oggetto articoli originali di chimica industriale. Tra l'altro vi pubblicò il suo primo lavoro di chimica industriale nel 1930 dopo 41 lavori di cristallografia ed in genere tutti i suoi primi lavori sui diversi settori della chimica industriale li ha sempre pubblicati su «La Chimica e l'Industria». [15].

Dal 1955, anno in cui scrisse il suo primo lavoro sui polimeri isotattici, fino al 1962, nel periodo cioè in cui pubblicò i lavori che probabilmente furono più presi in considerazione per l'assegnazione del premio Nobel, sono comparsi sulla rivista 56 suoi lavori su un totale di 211. Anche dopo il 1962, su 172 lavori Natta ne ha pubblicati 30 sulla rivista.

Occorre ricordare che anche Karl Ziegler nel 1952, prima di prendere il

premio Nobel insieme a Natta, pubblicò sulla rivista in italiano uno dei suoi primi lavori della tematica che lo ha portato all'assegnazione del riconoscimento. È molto probabile che la pubblicazione sia stata consigliata da Natta dopo che lo aveva invitato a Milano a tenere una conferenza. Successivamente nel 1955 Ziegler scrisse un secondo articolo in italiano sempre sugli stessi argomenti.

La rivista ha dedicato molti articoli in ricordo di Natta. Nel 1963 il direttore Alberto Girelli scrisse un editoriale di due pagine nell'occasione di conferimento del premio Nobel. Nel 2003 è stato dedicato un numero della rivista a Natta nell'occasione del centenario della sua nascita e sono stati ristampati nel corso dell'anno sei lavori di Natta pubblicati nel passato nei diversi settori della chimica industriale ed altri sette lavori da parte di diversi autori dedicati a lui e al polipropilene. Nel 2013 è stata dedicato un numero a Natta in occasione dei 50 anni del premio Nobel con sette articoli di suoi stretti ex collaboratori che hanno ricordato le scoperte di Natta e due non collaboratori che hanno ricordato le ricadute delle scoperte di Natta nel Paese. Nello stesso numero sono stati scritti tre lavori tutti dedicati al polipropilene frutto della ricerca che ha portato Natta al premio Nobel, due di questi articoli scritti da ricercatori industriali.

I rapporti con Trifirò

Trifirò dal 1962 al 1963 lesse articoli sulla rivista utili per la sua tesi, realizzata presso il Politecnico di Milano ed avente come relatori G. Natta e I. Pasquon. Egli trovò sulla rivista non solo i lavori di Natta e di Pasquon utili per la sua tesi, ma anche quelli di ricercatori dell'Edison (Nicola Giordano ed altri) sulla teoria elettronica della catalisi. Nel 1967 scrisse sulla rivista il suo primo lavoro scientifico fatto in Italia sull'ammonossidazione del propilene ad acrilonitrile, processo alternativo ad uno dei più pericolosi nella storia della chimica industriale, la reazione fra acetilene ed HCN. Alcuni mesi dopo la pubblicazione del suo articolo arrivò un ricercatore americano Robert Grasselli della Sohio, che aveva sviluppato il processo industriale negli Stati Uniti. Questi aveva con sé una copia dell'articolo, con le leggende delle figure ed alcune parti dell'articolo tradotte in inglese, per commentare il suo lavoro. Grasselli fece diverse critiche, più che sulla parte sperimentale, sull'interpretazione del meccanismo.

L'incontro con Grasselli, con il quale ha poi collaborato tutta la vita ed ha scritto un lavoro recentemente su «La Chimica e l'Industria», lo spinse a scrivere gli articoli successivi in inglese ed a preferire per la pubblicazione riviste straniere specialistiche nel campo della catalisi, per avere dei referee competenti capaci di suggerire miglioramenti degli articoli.

Dal 1968 al 1980 Trifirò pubblicò sulla rivista solo 15 lavori originali su un totale di 91 lavori pubblicati, solo per accelerare i tempi di pubblicazione. Scrisse anche alcune rassegne scientifiche dei propri lavori, la maggior parte in inglese, e fu uno dei primi a farlo sulla rivista. Dal 1981 al 1990 non inviò più articoli originali,

ma solo 6 rassegne di carattere scientifico dei propri lavori. Dal 1990 al 1995 fu nominato membro del comitato di redazione della rivista ed iniziò a pubblicare rassegne tecnologiche di analisi di alcuni settori dell'industria chimica italiana, diciamo solo articoli di attualità.

Dal 1996 è stato nominato direttore responsabile della rivista ed ha coperto questa carica fino al 2013 scrivendo 160 articoli fra editoriali e articoli divulgativi sull'industria chimica. Dal 2014 a tutt'ora è vice direttore, ma sempre responsabile del programma editoriale della rivista. Da allora ha scritto sulla rivista stampata praticamente solo editoriali mentre, sulla parte web, ha pubblicato piccole note e 15 rassegne ampie di carattere tecnologico sull'industria chimica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bertini I., 1994. *La Chimica e l'Industria*, 76(1), 5.
- [2] Bertini I., 1995. *La Chimica e l'Industria*, 77(8), 465.
- [3] Coppadoro A., 1959. *Quarant'anni di La Chimica e l'Industria*. *La Chimica e l'Industria*, 40(8), 814-816.
- [4] Girelli A., 1998. *La Chimica e l'Industria e la chimica italiana 1919-1998 Parte prima*. *La Chimica e l'Industria*, 80(6), 753-759.
- [5] Girelli A., 1998. *La Chimica e l'Industria e la chimica italiana 1919-1998 Parte 2^a Guerra, dopoguerra e ricostruzione*. *La Chimica e l'Industria*, 80(11), 1211-1214.
- [6] Girelli A., 1999. *La Chimica e l'Industria e la chimica italiana 1919-1998 Parte 3^a Dalla ricostruzione al miracolo economico italiano*. *La Chimica e l'Industria*, 81(3), 371-376.
- [7] Girelli A., 1999. *La Chimica e l'Industria e la chimica italiana 1919-1998 Parte 4^a Dagli anni di piombo ai giorni nostri*. *La Chimica e l'Industria*, 81(8), 1035-1041.
- [8] Girelli A., 1990. *La Chimica e l'Industria*, 72(1), 1.
- [9] Minozzi A. *et al.*, 1919. *Giornale di Chimica Industriale* 1(1), 1.
- [10] Natile G., 2004. *La Chimica e l'Industria*, 86(1), 7.
- [11] Parisi F., 1971. *La Chimica e l'Industria*, 53(1), 1.
- [12] Scorrano G., 2009. *La Storia della Società Chimica Italiana*, EDISES 154 pp.
- [13] Riccio R., Zingales A., 2014. *La Chimica e l'Industria*, 96(1), 1.
- [14] Sironi G., 1994. *L'Editrice di Chimica Srl editrice di La Chimica e l'Industria e di la Chimica nella Scuola*. *La Chimica e l'Industria*, 76(2) 164-165.
- [15] Trifirò F., 2013. *La Chimica e l'Industria*, 95(1), 114-119.
- [16] Trifirò F., 1996. *La Chimica e l'Industria*, 78(1), 7.
- [17] Trifirò F., Gargantini M., 2000. *La Chimica e l'Industria*, 82(6), 623.
- [18] Trincheri G., 2001. «*Industrie Chimiche in Italia dal 1800 al 2000*» Arvan Mira (Venezia) 373 pp.
- [19] Ziegler K., 1952. *La Chimica e l'Industria*, 34(7), 520-527.
- [20] Ziegler K., Holzkamp E., Breil H., Martin H., 1955. *La Chimica e l'Industria*, 37(11), 881-882.

IACOPO CIABATTI*

Coppellazione: dal trattamento di affinazione su larga scala alle origini dell'analisi chimica quantitativa

Cupellation: from the large-scale refining treatment to the beginning of the quantitative chemical analysis

Summary – Until the mercury amalgam extractive process, large-scale cupellation was the only economical mean for recovering silver from ores. On the basis of its subsequent socioeconomic importance, cupellation represents a critical breakthrough comparable to the discovery of fire. From the ancient literary records to the modern activity, in this personal account other metallurgic treatments, as cementation and liquation, are presented in relation to cupellation. A particular attention is reserved to Georgius Agricola and his treatise *De re metallica*, the monumental opera of 16th century. It is noteworthy the degree of experimental sophistication of the cupellation assay at least two centuries before the existence of any modern chemical theory and the era of the quantitative chemistry. Cupellation is still used today in *tandem* with modern instrumental techniques in the quantitative analysis of precious metals.

Riassunto – Prima dell'utilizzo del mercurio come agente di estrazione dei metalli nobili, il processo metallurgico della coppellazione costituiva la tecnica di raffinazione dell'argento più diffusa. Sulla base dei suoi pesanti risvolti socio-economici, l'importanza della coppellazione viene spesso paragonata a quella della scoperta del fuoco. Con questo personale contributo vengono ripercorsi gli eventi e le circostanze storiche che hanno favorito ed incentivato il passaggio all'utilizzo della coppellazione in ambito analitico a partire dal medesimo processo applicato su larga scala. Particolare attenzione è stata riservata al trattato *De re metallica* di Giorgio Agricola, la prima opera in cui in maniera concisa compaiono descrizioni dettagliate inerenti alla «prova del fuoco». Benché noto da circa 6000 anni, ancora oggi questo antico trattamento continua ad essere utilizzato come saggio (spesso in *tandem* con altre tecniche strumentali) rivestendo un ruolo di primo piano nel campo dell'analisi chimica quantitativa dei metalli preziosi.

Key words: cupellation, Agricola, metal refining, litharge, assay

* Università di Bologna, Dipartimento di Chimica Industriale «Toso Montanari», Viale Risorgimento 4, Bologna. E.mail: iacopo.ciabatti2@unibo.it

Introduzione

La manipolazione dei metalli trovati allo stato nativo costituì per l'uomo la prima occasione per comprenderne le peculiari proprietà. Oro, rame e argento sono stati i primi metalli scoperti ed è facile immaginare come l'aspetto lucente che li contraddistingue abbia potuto da subito catturare l'attenzione dell'uomo. Fatta esclusione per l'oro però, in natura, tutti i metalli si trovano principalmente o esclusivamente sotto forma di minerale. Lo sviluppo della metallurgia estrattiva rappresenta una conquista scientifica dal pesante risvolto socio-economico, fondamentale per lo sviluppo di una civiltà. È probabile che l'estrazione del metallo dal minerale costituisca non tanto un ostacolo da superare ma da identificare. È opinione diffusa far risalire la scoperta della metallurgia estrattiva ad eventi casuali come l'incendio di grandi foreste al termine dei quali era possibile trovare materiale metallico negli avvallamenti del terreno [16]¹.

A causa della semplicità del processo, anche la scoperta della coppellazione viene comunemente associata ad un evento di tipo accidentale. La datazione di alcuni resti rinvenuti nelle regioni dell'Anatolia e della Mesopotamia suggeriscono che questa tecnica di affinazione fosse già nota intorno al 4000 a.C. [12]. Riconoscere nella scoperta della coppellazione una localizzazione temporale e spaziale risiede nella convinzione che la confidenza con questa arte sia il frutto di un difficile e non lineare processo di apprendimento, troppo complesso da potersi ripetere più volte. Andrebbe comunque ricordato che nella storia della scienza non mancano esempi di scoperte simili avvenute in maniera del tutto indipendente. L'origine della coppellazione nel mondo antico rappresenta ancora oggi oggetto di un inconcluso dibattito incapace di stabilirne con esattezza «luogo e data di nascita» [6, 16].

Il trattamento metallurgico

La coppellazione è un processo metallurgico utilizzato per purificare i metalli nobili, come argento e oro, dai metalli vili. Tale operazione consiste nella fusione ossidativa del piombo argentifero il quale, trasformatosi in litargirio, segrega dalla lega madre che si arricchisce di metalli preziosi rimasti allo stato ridotto². Insieme

¹ Il processo di estrazione del metallo dal minerale richiede condizioni molto drastiche difficilmente garantibili dalla presenza di un incendio boschivo. La difficoltà del trattamento non risiede nell'abbondanza del metallo ma nelle temperature di esercizio; ciò è confermato dalla diffusione del rame e delle sue leghe prima di quella del ferro, nonostante quest'ultimo sia largamente più disponibile. Sulla base di queste osservazioni pare più razionale immaginare che la trasformazione chimica possa essere avvenuta in una zona circoscritta quale quella del fuoco domestico. Infatti i minerali di rame, noti per l'intensa colorazione, venivano utilizzati come oggetti ornamentali che in qualche modo sarebbero venuti a contatto con il fuoco.

² In termini termodinamici tale processo chimico può essere giustificato sulla base della

al piombo anche gli altri metalli vili vengono ossidati entrando in miscela con il litargirio, successivamente eliminata sia per azione manuale (nel trattamento su larga scala), che per assorbimento capillare sul letto poroso del forno³. In ambito di analisi il saggio viene fatto mediante utilizzo di speciali crogioli porosi chiamati «coppelle» (figura 1). Generalmente la temperatura dei forni si aggira intorno a 850°C, valori più elevati comportano un inevitabile incremento della perdita di metallo prezioso. A fine trattamento, terminata l'ossidazione del piombo, il fuso della lega dei metalli nobili si solidifica istantaneamente dando luogo al cosiddetto *lampo d'argento*⁴. Nella successiva fase di raffreddamento, nel caso di un elevato tenore di argento il prodotto si cricca frammentandosi vigorosamente⁵. Il prodotto ottenuto è una lega di metalli nobili ad elevata purezza [2].

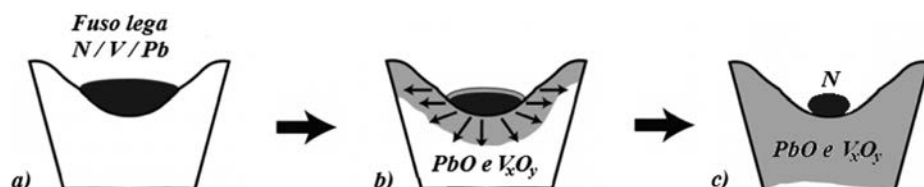
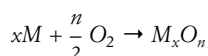


Fig. 1. Schema generale del saggio di coppellazione raffigurato nei suoi passaggi più rappresentativi: a) fusione delle lega metallica; b) ossidazione del piombo e dei metalli vili (V) con conseguente loro assorbimento all'interno della coppella; c) formazione del bottone costituito dai metalli nobili (N).

comparazione dell'energia libera di Gibbs (ΔG) della reazione di ossidazione del metallo (M) vile con quello nobile:



Infatti, a 850°C il ΔG di formazione del litargirio ammonta a -53 KJ/mol ($\Delta H^\circ = -219$ KJ/mol; $\Delta S^\circ = -100.8$ J/mol K; $C_p = 64.6$ J/mol K), valore nettamente inferiore rispetto a quello dell'ossido di argento ($\Delta H^\circ = -31$ KJ/mol; $\Delta S^\circ = -66.4$ J/mol-K; $C_p = 65.9$ J/mol-K) pari a 98 KJ/mol [8].

³ La tensione superficiale dei metalli nobili fusi, superiore a quella degli ossidi dei metalli vili, impedisce l'assorbimento per azione capillare. Si vuole inoltre sottolineare che il litargirio funge sia da catalizzatore di ossidazione dei metalli vili oltre che da veicolante dei prodotti formati [2].

⁴ Infatti, liberato il piombo sotto forma di litargirio, il fuso della lega metallica si trova in una fase di metastabilità a causa della sua temperatura, inferiore a quella di fusione. Questo induce l'immediata solidificazione della massa con conseguente rilascio del calore latente che si manifesta con un lampo di luce intensa.

⁵ Questo fenomeno, detto *rocciamento*, è dovuto alla capacità dell'argento fuso di assorbire l'ossigeno atmosferico fino a 22 volte il proprio volume il quale viene vigorosamente rilasciato nella fase di solidificazione con una conseguente proiezione di frammenti. Nei saggi di analisi, se non si adottano le dovute precauzioni, costituisce una evidente fonte di errore, mentre nell'ambito della produzione su larga scala non costituisce un problema.

Attività di coppellazione in età antica

Sebbene il processo di coppellazione fosse largamente utilizzato fin dall'antichità, la ricostruzione storica antecedente l'età classica greco-romana è basata principalmente sullo studio dei resti delle lavorazioni⁶. I documenti che testimoniano le attività di questo periodo sono silenti riguardo alle metodologie di lavoro e le informazioni che se ne possono ricavare sono ben poche. La scarsa attenzione nel descrivere in maniera chiara e articolata tale tecnica è da imputare in parte all'analfabetismo degli artigiani ma soprattutto al loro interesse nel mantenerle segrete [11].

È bene sottolineare che la coppellazione nasce e si diffonde principalmente come trattamento di estrazione e solo indirettamente di affinazione. I minerali da cui viene estratto il piombo infatti contengono occluse significative quantità di preziosi quali soprattutto argento. Inizialmente l'utilità del trattamento risiedeva nell'estrazione dei metalli nobili presenti in lega con il fuso di piombo ottenuto mediante metallurgia estrattiva. Solo in un secondo momento si intuì che l'aggiunta volontaria di piombo permetteva di purificare i metalli nobili presenti in lega con i metalli vili. Uno dei più importanti testi ritrovati che documenta questa presa coscienza è il papiro di Leida, probabilmente datato alla fine del III secolo a.C. Benché la sua scoperta costituisca la più antica testimonianza di ricettario chimico, le procedure non sono dettagliate e probabilmente servivano solo da promemoria per persone già esperte [4]: *Come l'argento viene purificato e fatto brillante. Prendere una parte di argento ed un ugual peso di piombo; adagiarlo in un forno, e mantenere in fusione fino a che il piombo venga consumato; ripetere l'operazione più volte fino a che esso diventerà brillante.*

Generalmente la porosità del letto del forno era garantita disponendo del materiale assorbente costituito da resti di animali come ossa e corni, ceneri e più raramente da argilla [11]. Il punto di forza della coppellazione risiedeva nella capacità di poter separare, con un singolo trattamento metallurgico, tutti i metalli preziosi da quelli vili. Con l'avvento della moneta si rese necessario elaborare delle tecniche che permettessero di separare l'argento dall'oro ottenuti in lega nel processo di coppellazione. Non dovette passare molto tempo prima che si riuscisse nell'intento attraverso il processo chiamato *cementazione*. Il più antico esempio rinvenuto è quello in Lidia all'età di Cresio in cui le pagliuzze d'oro venivano disposte a strati alterni con il cosiddetto «cemento», miscela di cloruro di sodio e materiale siliceo, all'interno di olle di terracotta introdotte in una fornace⁷. Alla fine del trattamento

⁶ L'analisi archeometallurgica condotta sui manufatti antichi è basata sulla determinazione e quantificazione dei contaminanti. Infatti l'argento ricavato dai trattamenti di coppellazione è caratterizzato da una percentuale residua di piombo compresa tra 0.05 e 2.5%. Tuttavia, mentre tenori inferiori escludono tale trattamento, percentuali più elevate di piombo potrebbero essere dovute ad inclusioni nel minerale di base.

⁷ La temperatura del forno deve essere tale da non indurre fusione nel metallo. La forma-

L'oro veniva «lavato» per liberarlo dai sali di argento eccedenti a quelli sequestrati dalla polvere di mattoni immessa. Sebbene il processo di assorbimento ricordi molto quello della coppellazione i due trattamenti sono chimicamente distinti e indipendenti. Probabilmente l'ulteriore aggiunta del piombo in uso nell'Antico Egitto volgeva proprio nel tentativo di unificare i due processi, come documentato da Diodoro Siculo nel 60 a.C. [13]⁸: *La polvere d'oro recuperata viene portata a uomini specializzati che la mettono in giare d'argilla insieme ad un pezzo di piombo, grani di sale, un po' di stagno e crusca d'orzo. Chiusi bene i vasi li cuociono nella fornace per cinque giorni, dopo di che, raffreddati, vi si trova solo oro, mentre sono scomparse tutte le altre cose messe assieme...*

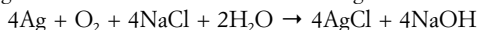
La coppellazione in età classica non fu altro che la continuazione di quella antica. Nel campo della metallurgia, i romani più che degli innovatori, furono eccellenti amministratori delle imprese minerarie. L'ottimizzazione della tecnica permise di abbassare drasticamente il contenuto di preziosi rimasti nel litargirio i cui tenori si aggiravano intorno a 60 g/tonnellata [6].

L'elevata variabilità del titolo di argento nel piombo non garantiva una pronta e sicura stima dei guadagni ottenibili dalla scoperta di un nuovo giacimento minerario. In linea di principio, queste perplessità sull'effettiva convenienza del trattamento, costituiscono l'elemento propulsore per l'impiego della coppellazione anche in campo analitico. D'altro canto, l'assenza di testimonianze di simili attività mette in ombra la possibilità di un loro così anticipato sviluppo probabilmente anche perché l'estrazione del piombo, metallo molto richiesto per il suo diffuso utilizzo, sarebbe stata condotta a prescindere. Sulla base delle culture e delle conoscenze del periodo è più probabile che venissero fatte delle valutazioni grossolane conducendo dei piccoli trattamenti su scala ridotta, ancora troppo grezzi da poter essere definite delle analisi.

L'intermezzo medioevale

Con la caduta dell'Impero romano, la mancanza di un potere centrale forte ed indiscusso portò al conseguente declino dell'attività metallurgica. Da sempre i trattamenti di raffinazione dell'oro erano intimamente legati all'alchimia riconoscendo

zione dell'argento cloruro è garantita dalla presenza di aria (ambiente ossidante) e vapore acqueo ottenuto impiegando legna come combustibile secondo la seguente reazione:



Alternativamente un'altra tecnica di separazione prevedeva l'aggiunta di zolfo e carbone al fine di trasformare l'argento in argento solfato che, galleggiando in superficie poteva essere facilmente rimosso.

⁸ Viene riportata l'ultima operazione della lavorazione delle sabbie aurifere dove l'oro è presente in segregazione di fase dal resto della massa. Probabilmente il basso tenore di metalli vili della lega oro-argento richiede quantità minoritarie di piombo per la coppellazione rendendo questo trattamento compatibile in concomitanza a quello della cementazione.

nella coppellazione un'operazione miracolosa in grado di trasformare, seppur parzialmente, il metallo vile in metallo nobile. Difficile avere un'idea oggettiva di quanto queste credenze potessero essere radicate nel pensiero comune poiché la maggior parte delle testimonianze pervenute costituiscono più che delle riflessioni dei ricettari di natura tecnica.

Nel XII secolo compaiono però i primi testi con chiari riferimenti all'utilizzo della coppellazione intesa come saggio di analisi. Nel ricettario *De diversis artibus*, Teofilo descrive a più riprese il materiale di rivestimento delle coppelle ottenuto mescolando ossa di animali con ceneri di legno di faggio [14]. L'utilizzo della «prova del fuoco» si stava sempre più diffondendo soprattutto a fronte della lotta contro la contraffazione delle monete. In ogni regno, tutte le attività metallurgiche strettamente legate al conio erano regolamentate e disciplinate da statuti. Ne è un esempio l'ordinanza emanata dal re di Francia Filippo VI nel 1343 in cui, tra le altre cose, erano contenute le procedure dei saggi di coppellazione. Tale documento costituisce uno dei primi tentativi di standardizzazione del metodo di analisi intesa come l'unica procedura riconosciuta da seguire.

Nel XV secolo si registra il crescente utilizzo della *liquazione*, tecnica metallurgica che permette di estrarre argento e oro dal rame [16, 6]. Tale trattamento prevede la fusione di una parte di rame, contenente i preziosi, con tre parti di piombo. Durante il lento raffreddamento del fuso, i metalli preziosi entrano in lega con il piombo segregando dal rame. Il successivo blando riscaldamento della massa permette di far sciogliere solo la lega di piombo che trasuda lasciando pani porosi di solo rame. Lo sviluppo dell'operazione di liquazione favorì l'intensificazione dell'attività di coppellazione ad essa strettamente associata nella successiva estrazione dei metalli nobili dal piombo. Scorrendo tra la letteratura, similmente a quanto osservato per il processo di cementazione, ci si imbatte su descrizioni quantomeno ambigue, difficilmente interpretabili a causa della loro essenzialità. Ad esempio, in un testo arabo del X secolo viene così riportato [11]: *L'argento potrebbe essere separato dal rame nella coppella grazie alla continua aggiunta di piombo fino a che il suo stato non appare puro.*

In questo caso l'aggiunta di piombo non è da imputare ad un trattamento di liquazione ma ad un classico processo di coppellazione. L'inconveniente di coppelare direttamente leghe di rame a basso titolo risiede nell'utilizzo di elevate quantità di piombo al punto da renderlo inadeguato su larga scala, ma praticabile a livello di saggio [13]. Per quest'ultimo, l'eccessiva mole di piombo allunga il tempo di permanenza nel forno favorendo un'intollerabile volatilizzazione dell'argento che quindi viene sottostimato⁹.

⁹ La quantità di metallo volatilizzato dipende, oltre che dal tempo di permanenza, anche dalla temperatura che non essendo uniforme su tutto il forno (in prossimità dell'apertura sarà chiaramente più bassa) rende impossibile una sua quantificazione. Un accorgimento semplice oggi utilizzato è quello di stimare la perdita in peso con l'ausilio di un *testimone* cioè un campione avente circa lo stesso tenore di argento, disponendolo in linea con quello incognito.

La coppellazione in età rinascimentale: origine dell'analisi quantitativa?

Il problema della coppellazione di matrici ricche di rame viene riconosciuto per la prima volta da Giorgio Agricola nella sua monumentale opera *De re metallica* la cui importanza risiede nell'aver contribuito a far crollare i pregiudizi nei confronti delle conoscenze tecniche, concepite esclusivamente sul piano manuale ed escluse da qualsiasi ambizione culturale [1]. Il libro, scritto con chiarezza e dotato di magnifiche illustrazioni di attrezzature minerarie, ebbe subito una grandissima popolarità e, ancora oggi non sfigura tra i classici della scienza.

Agricola discute sistematicamente della coppellazione sia nel contesto dei processi produttivi su larga scala che nell'ambito dei saggi (figura 2). Dei primi presenta una descrizione dettagliata riguardo la struttura dei forni di coppellazione utilizzati per l'affinazione dell'argento. Vengono fornite interessanti informazioni sugli stadi di preparazione del forno ed in particolare sulla disposizione del materiale per l'assorbimento del litargirio rinnovato alla fine di ogni trattamento. Tale preparazione consiste nel disporre e compattare mediante un mazzuolo, un preparato a base di argilla e ceneri a cui segue una lenta essiccazione mediante riscaldamento con un fuoco disposto nella camera sottostante (figura 2, C). La principale difficoltà risiede nell'evitare la formazione di cricche superficiali che condizionerebbero negativamente il successivo processo di assorbimento del litargirio durante la fase di coppellazione. Queste esaurienti descrizioni hanno permesso la pianificazione di recenti studi sperimentali concepiti nel tentativo di simulare le condizioni di lavoro dell'epoca al fine di apprenderne appieno le loro caratteristiche. Ricostruendo il

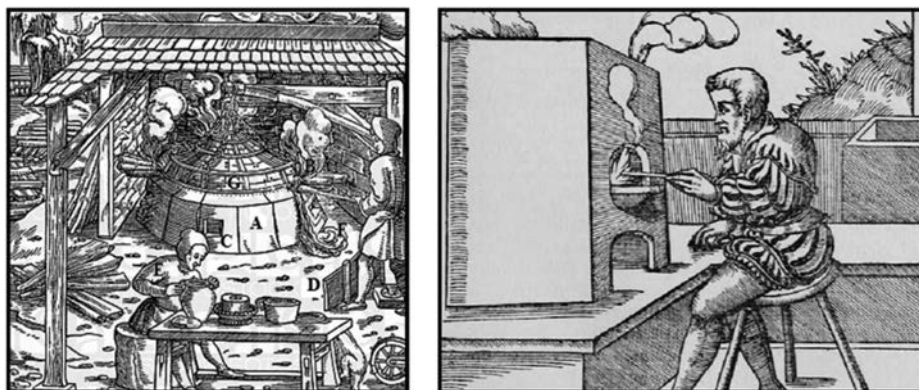


Fig. 2. A sinistra rappresentazione officina per affinazione dell'argento. La fornace (A) viene alimentata con legna (B) mentre parte del litargirio (*spuma argenti*, F) formatosi viene estratto meccanicamente da un operaio messo in sicurezza da una paratia (D). Il riferimento (C) indica la bocchetta di apertura della camera sottostante il letto del forno. Il caposquadra (E) mangia del burro per contrastare il rischio di avvelenamento dai fumi del piombo. Nella figura di destra viene illustrato un artigiano intento in un saggio di coppellazione. Raffigurazioni tratte dall'opera *De re metallica* (Agricola).

forno di coppellazione è stato possibile valutare l'influenza di importanti parametri come temperatura e potenziale ossidante dell'ambiente garantito dall'immissione forzata di aria mediante l'ausilio di soffietti da fucina [7].

Il pensiero di Agricola sull'arte mineraria è il culmine di un percorso intellettuale che nell'ultimo secolo aveva registrato una forte impennata, grazie soprattutto alla diffusione dei testi scientifici garantita dalla stampa. Da menzionare infatti l'opera di Ercker [5] e la pubblicazione di una serie di opuscoli anonimi dal titolo *Probierebüchlein*, la prima raccolta di procedure sui saggi di analisi, pietra miliare per lo sviluppo della chimica quantitativa [11]. La trattazione di Agricola è esauriente in tutte le sue parti e, se si eccettuano le moderne spiegazioni sulla base della teoria atomica, ben poche sono le migliorie registrate in epoca moderna. A differenza delle precedenti descrizioni alchemiche, Agricola espone i trattamenti metallurgici senza misticismo, scettico nel riconoscere il processo di coppellazione come una trasmutazione¹⁰. Illustra una pratica alternativa alla cementazione, già descritta da Biringuccio nell'opera *De la pirotechnia*, per discriminare il contributo dell'argento rispetto a quello dell'oro. Infatti il saggio di coppellazione classico permette di quantificare quello che in gergo viene indicato come «complessivo», ovvero il contenuto di tutti i metalli nobili. L'argento viene successivamente eliminato attraverso attacco con «acqua valens» (acido nitrico), il residuo ottenuto è detto oro da spartimento¹¹.

Con i saggi di analisi la bilancia diventa protagonista indiscussa del laboratorio, rigorosamente disposta in una campana di vetro al fine di evitare errori dovuti a spostamenti d'aria e a contaminazioni del campione. Le misure venivano sistematicamente eseguite in doppio e ripetute in presenza di valori discordanti. Si acquisiscono moderni concetti di analisi come la prova del bianco, condotta mettendo a coppellare un campione di solo piombo successivamente utilizzato per il saggio. Il laboratorio di analisi viene concepito come un luogo in cui debba vigilare la massima attenzione [1]: «... *chiudere le porte della stanza dove si trova il forno di coppellazione, per paura che chiunque entrando in un momento inopportuno possa disturbare il pensiero di colui che è intento nel lavoro*».

È indiscutibile che regole come la legge di conservazione della massa e la teoria atomica di Dalton costituiscano i fondamenti essenziali di una nuova era nella storia della chimica basata sull'analisi quantitativa. Ma è altresì vero che il saggio di coppellazione non necessitava del moderno concetto di equivalente chimico poiché la sostanza isolata, metallo nobile, non subisce nessuna trasformazione chimica. Questo è il principale motivo di un suo così precoce sviluppo. Origine o

¹⁰ Si vuol sottolineare che il trattato non è completamente esente da riferimenti alchemici come dimostrano le descrizioni riguardo la presenza di spiriti e gnomi che popolavano le miniere.

¹¹ In presenza di tenori di oro più elevati, la lega risulterebbe non sufficientemente reattiva all'attacco con acido nitrico: è quindi necessario eseguire una «inquantazione» mediante l'aggiunta controllata di argento puro.

non origine, questo è un dibattito di secondaria importanza poiché dipende dal significato attribuitogli nel concepirlo come un evento circoscritto o di più ampio respiro. I grandi cambiamenti di pensiero, a differenza delle scoperte, non nascono mai dal nulla. Allo stesso modo la millenaria messa a punto dei saggi di coppellazione ha contribuito alla creazione di un terreno fertile per il successivo sviluppo dell'analisi chimica quantitativa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Agricola G., 1556. *Georgius Agricola. De Re Metallica (1530-1556). Un Dialogo sul Mondo Minerale e un Trattato sull'Arte de' Metalli*, a cura di Mancini P. e Mesini E.; CLUEB, 2008.
- [2] Ammen C.W., 1993. *Recovery and Refining of Precious Metals*, Deep Rock Resources Inc., second edition.
- [3] Biringuccio V., 1540. *Pirotechnia*, traduzione a cura di Smith C.S. e Gnudi M.T.; M.I.T. Chicago Press, 1972.
- [4] Caley E., Ohio M., 1926. *The Leyden Papyrus X. An English Translation with Brief Notes*, J. Chem. Educ., 3, 1149-1166.
- [5] Ercker L., 1574. *Treatise on Ores and Assaying*, traduzione a cura di Sisco A.G. e Smith C.S., University Chicago Press, 1963.
- [6] Giardino C., 1998. *I Metalli nel Mondo Antico. Introduzione all'Archeometallurgia*. Editori Laterza.
- [7] Guirado M.P., Téreygeol F., Peyrat F., 2010. *Initial Experiments on Silver Refining: How Did a Cupellation Furnace Work in the 16th Century*, Historical Metallurgy, 44, 126-135.
- [8] Lide D.R., 2007-2008. *Handbook of Chemistry and Physics 88th Edition*.
- [9] Lucrezio T.C., *Sulla Natura delle Cose: De Rerum Natura*. Anthony M. Esolen, trad. Baltimore: Univ. Johns Hopkins Pr., 1995.
- [10] Notton J.H.F., 1974. *Ancient Egyptian Gold Refining*, Gold Bull., 7, 50-56.
- [11] Nriagu J.O., 1985. *Cupellation: the Oldest Quantitative Chemical Process*, J. Chem. Educ., 8, 668-674.
- [12] Nriagu J.O., 1983. *Lead and Lead Poisoning in Antiquity*. Wiley, New York.
- [13] Siculo D., *Bibliotheca Historica*, Loeb Classical Library: London, 1935, volume III capitoli 12-14, 115-123.
- [14] Teofilo, *On Diverse Arts*, traduzione a cura di Hawthorne J.G. e Smith C.S., Univ. Chicago Press, 1951.
- [15] Torres M.M., Thomas N., Rehren T., Mongiatti A., 2008. *Some Problems and Potentials of the Study of Cupellation Remains: the Case of Post-Medieval Montbéliard, France*, Archo-Sciences, revue d'archéométrie, 32, 59-70.
- [16] Tylecote R.F., 1992. *A History of Metallurgy*, the institute of materials, second edition.

Un ringraziamento all'azienda TCA\Metal Precious Refiners e al Dir. Claudio Tavanti per le esaurienti informazioni inerenti alle vigenti procedure dei saggi di coppellazione.

PAOLO ZANI*

Gli zolfi della Romagna: notizie sull'attività mineraria e proto industriale nei secoli XV-XVIII

Summary – This paper presents some original documents (sec. XV-XVIII) concerning the production and trade of mineral Sulfur deriving from mines exploited near to Cesena; the economical aspects of this proto-industry will be emphasized, as well as the end-uses of sulfur, having a deep impact upon Geo-politics and Economics, due to its strategic role for gun powder and «vitriolic acid» production.

Key words: Sulfur, Mines, Cesena, Romagna, Refining, Trade

Riassunto – Vengono discussi documenti relativi alla produzione e commercio di zolfo (sec. XV-XVIII) ottenuto da miniere prossime a Cesena, osservando gli aspetti economici di questa attività proto-industriale ed il suo forte impatto sulla geo-politica di quei tempi, dovuto al valore strategico di S per la produzione di «Polvere Nera» ed «Acido Vitriolico».

Parole chiave: Zolfo, Miniere, Cesena, Romagna, Raffinazione, Commercio

Introduzione

La zona più interna della Romagna, in particolare le colline prospicienti il corso del Savio (ed in epoca successiva anche quelle del bacino del Marecchia) si caratterizza geologicamente per la presenza della cosiddetta «Vena del Gesso», a cui si associò una caratteristica attività mineraria ed industriale già da tempi remoti: mancando documentazione *ad hoc* relativa ai periodi di civilizzazione umbra ed etrusca (sec XI-III a.C.) e romana, è stato proposto da alcuni autori [9, 12] che già nel periodo alto -medioevale fosse stata riconosciuta la presenza di minerale solfi-

* Dipartimento di Chimica Industriale «Toso Montanari», Università di Bologna.
E.mail: paolo.zani@unibo.it

fero sotto forma di «vene» in talune località collinari ed appenniniche prossime a Cesena. La presenza del minerale, ed il suo sfruttamento, avrebbe lasciato tracce a livello della toponomastica locale, in particolare nel termine Sulpherina/Solfrino che indicava una località (corrispondente all'attuale Borello, frazione di Cesena), effettivamente al centro di una zona dove si trovano riconoscibili, e sfruttabili, diverse vene di solfo. Un documento che non lascia spazio a dubbi, sia per la datazione che per il contenuto, fu scoperto e pubblicato dal Conte Marco Fantuzzi [5], uomo politico e studioso del sec. XVIII: nei suoi «Monumenti Ravennati», opera erudita che raccoglie testimonianze archivistiche e letterarie concernenti le Antichità Ravennati, è un Atto estratto dal Codex Polentanus (1343): «*Instrumentum Emptionis dom. Hostasii da Polenta filio egr dom Guido Novello... per l'intero Castrum de Polenta ac Guglianello, cum omnium villas, focis, puteis, molendinis...et jures pascendis, aquae deducendis, [...] et jus quaerendi venas [...] sulfuris*».

Documenti

Lo scopo di questa comunicazione è quello di presentare documenti originali che meglio definiscono le attività legate alla produzione di zolfo cesenate nei sec. 15°-18°: l'accento principale cadrà sugli aspetti economici, dato il tipo di documenti reperibili attraverso le fonti archivistiche (atti legali, inventari, atti amministrativi); un altro aspetto, di tipo tecnico-scientifico, può essere approfondito sulla base di altri documenti d'epoca (sia manoscritti che a stampa) ma potrà esaminarsi in altra sede [13].

Un primo gruppo di documenti è contenuto in una raccolta di Bandi Malatestiani [1, 10], dei quali si è conservato nell'Archivio di Stato di Forlì, sez. Cesena, un gruppo che copre gli anni 1431-73, relativi al periodo del dominio su Cesena di Malatesta Domenico detto Novello (1418-65). I Bandi riportano le disposizioni emanate di volta in volta dal signore per il governo della città e dei territori a lui sottoposti, proclamati dal banditore ufficiale in vari luoghi del dominio a suon di tromba.

Riguarda lo zolfo, ad esempio, un documento del 1461 (fig. 1).

1461, die X mensis octobris *Quod extrahentes solfanum solvant ducatos tres*

El nostro prefato excelso signore miser Malatesta Novello di Malatesti da Arimini etc fa noto et avisato zascheduna persona de che condicione voglia essere o sia che da questo di innance non posa trare solfaro de le terre de la sua signoria, se non paga ducati tri d'oro del migliaro ultra el datio ordenato

Sotto pena de ducati vintecinqe d'oro per zascuno et zascuna volta che serà contrafacto

Tibaldus preco et Tubator predictus retulit michi Baldasseri Cancellarius Comunis se dicta die proclamasse et bapnisse in locis publicis et consuetis dictum Bapnum et Proclamma sicut et prout supra in ipso apparet.

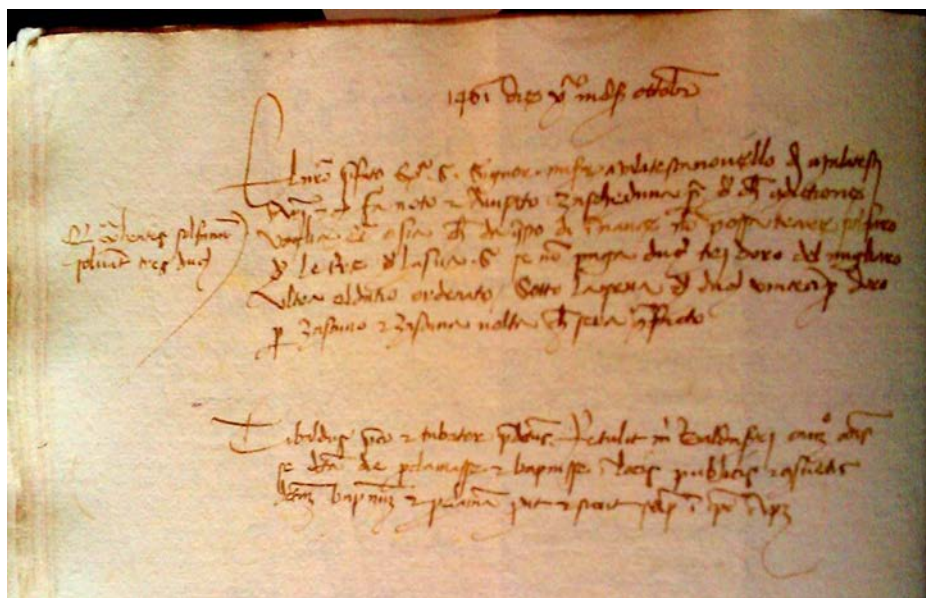


Fig. 1. Bando Ottobre 1461 per dazio zolfo (A.S.F.C, sez. Cesena, *Comune di Cesena Antico*: Bandi, b. 24-25).

A distanza di circa un anno, un altro bando ritorna sulle disposizioni relative alla estrazione e commercio del Solfore (fig. 2):

1462, die XXiiii mensis augusti *Super facto solfari quod nullus possit extrahere*
Magister Franciscus publicus preco et Tubator civitatis Caesene ex commissione sibi facta retulit michi Baldaserri Cancellarius Communis se ivisse per loca publica et consueta civitatis Cesene et ibidem publicem palam et alta voce sono tube premissa, proclamasse et bapnisse infrascriptum bapnum et Proclama prout inferius continetur videlicet

El nostro magnifico et possente signore signore miser Malatesta Novello di Malatesti etc fa bandire e comandare a zascuna persona de quale condicione voglia essere o sia che non ardischa né presumischa extrare né fare extrare solfaro de nisuna de le sue terre senza el bolectino del cancelliero di Cesena, sotto la pena de ducati diece per migliaro et zascuno possa acusare et denuptiare, haverà la terza parte della pena.

L'esame congiunto del contenuto dei Bandi (dove il testo alterna il volgare per il popolo al latino del cancelliere) mostra il grande rilievo economico che già nel 1460 aveva nel Cesenate la produzione di S: si parla di imposte dell'ordine di svariati ducati per migliara (vedi oltre), cioè si calcola in unità monetarie auree (Ducato = moneta di Venezia, che rappresentava il Gold standard dell'epoca). Mancando dati quantitativi per tale periodo sulla produzione, si può arguire che fosse comunque importante per le somme in gioco a livello fiscale, superando quindi in termini documentati la poca rilevanza data da studiosi di economia [2]

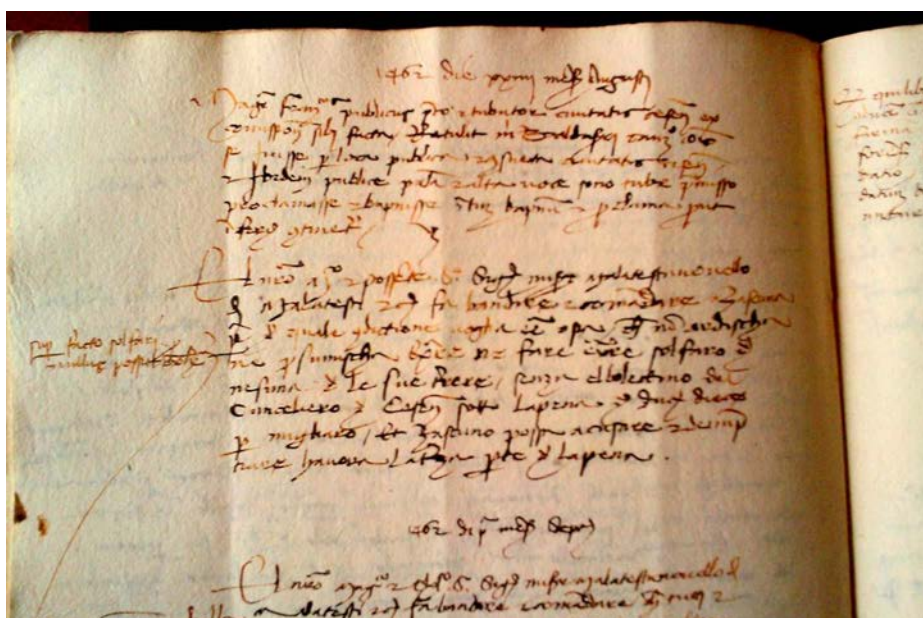


Fig. 2. Bando Agosto 1462 per dazio zolfo (A.S.F.C, sez. Cesena, *Comune di Cesena Antico*: Bandi, b. 24-25).

alla produzione romagnola di zolfo ante 1800. Una fonte di tipo cronachistico locale, il *Caos* di Giuliano Fantaguzzi, manoscritto memorialistico [4] riferibile al periodo 1480-1520, dà conto delle sanguinose lotte fra i nobili di Cesena (in particolare fra le «fazioni» dei Tiberti e dei Martinelli, in lotta dopo la fine del governo dei Malatesta) per la conquista del potere, ma anche, in via subordinata, per il controllo delle Solfatare, di cui quella di Monte Giottone, in quel periodo una delle più importanti, era proprio localizzata nel «castrum» dei Tiberti a ca. 18 Km da Cesena, nei pressi di Mercato Saraceno.

Fantaguzzi cita il «Solfare» fra ciò che il Duca Cesare Borgia, il «Valentino», accumulava nei suoi *magazzini al Porto de Cesenatico*, così come ricorda la perizia tecnica dei «Solfanari» cesenati, in grado di esportare fino in «*Lamagna [...] le arti per afinare il solfaro*».

L'importanza strategica della produzione di S va posta nel contesto politico del tempo, dominato dalle lotte fra la principale potenza italiana, la Repubblica di Venezia, e gli altri stati italiani, in particolare lo Stato della Chiesa: Venezia poggiava la sua potenza militare sull'efficienza del suo Arsenale, a monte del quale lo stato proteggeva con privilegi le «Nitriere» [3]: ma Venezia non aveva *Solfo* proprio...

Le indagini effettuate dal Barbieri [2] sui documenti dell'Archivio Segreto Vaticano hanno evidenziato come numerosi Pontefici si affrettassero a conferire a loro familiari, o favoriti, diritti di sfruttamento minerario; il susseguirsi di «Brevi»

di concessione avrebbe creato una intricata situazione legale sullo sfruttamento dello Zolfo Romagnolo (discussa nel testo di Barbieri [2]) e dato origine a cause decennali presso la Rota Romana; ci giova solo ricordare che la creazione del Principato di Meldola e Sarsina, fatta da Clemente VIII Aldobrandini (1592-1605) a favore dei nipoti, avrebbe aperto un contenzioso trentennale fra gli Aldobrandini (a cui succedettero i Pamphili per matrimonio) ed il Vescovo di Sarsina, che rivendicava lo sfruttamento diretto delle Zolfare esistenti sui terreni della Mensa Vescovile. Si verifica che il «quid agendum» si sostanzialmente in cifre assai elevate, dell'ordine di migliaia di scudi annui, indice di una produzione del pari ragguardevole.

Tralasciando la documentazione notarile del sec. 16° sul commercio dello zolfo cesenate, citata da altri autori [9, 11], riportiamo l'analisi di nuovi documenti del periodo successivo, che dimostrano quanto fosse rilevante la produzione e l'esportazione dello Zolfo cesenate intorno al 1680. Dal ricco fondo Notarile conservato a Cesena [1], riportiamo due contratti, rogati dal Notaio Brunello Brunelli: un **affitto** di terreni nella Parrocchia di Montevecchio (dove miniere saranno attive fino al 1950!) fra il *Paroco* e due imprenditori *cavatori di pietra solfurea* (1686) ed una **compra-vendita** di *Pani di Solfore magazzino* nel porto di Cesenatico (1685).

... DIE NONA MENSIS FEBR 1686 *Locatio pro Fabricando Sulfure*

...Il Rev D. Dom.co Tosi Rettore Beneficio S. Rocco in Parr. Monte Vecchio nella Chiesa Parrocch. di S. Maria Cede in affitto a Mess Christoforo qd Dom.co Onofrio et a mess Benedetto Scarpellini da MonteVecchio Un Pozzo già fatto con suo Cappanno per escavare la Pietra Solfurea, et il xx (sito) di fare e scavare un altro pozzo al med.mo effetto sopra li beni del Benefizio posti in Monte Vecchio, lati[...]Dan-doli ogni facultà di scavare e fabricare il detto Solfore, e prometendo di mantenerli nel presente dominio per un triennio [...]E questo pel **prezzo di pauli 3 per ogni migliaro di Solfore che scaveranno e fabricaranno**, da pagarsi affitto di mese in mese, e di mese per mese promettono li detti conduttori di dare la vera e reale nota del solfore fabricato[...]Con patto che quanto al Pozzo novo da farsi promettono e si obligano principiarlo a Pasqua prox de Resurrez, e doppo che da esso principaranno a fabricare el Solfore, detto sig Dn Dom.co gli condona l'affitto di otto mesi rispetto la Fabrica di d. Pozzo e sua Cappanna, ed in più gli otto mesi spirati si obligano all'hora pagargli l'intero affitto sulla fabrica dei 2 Pozzi in d.a Cor. Di pauli 3 nel modo e forma pred. E spirato il Triennio pred. D'Affitto se il Dn Tosi volsse riaffittare D.o Pozzi p. la Fabrica predetta ad altri, si obliga e promette concederli ai med. Conduitt. ad equal prezzo, il tutto cum pacto ad omnis [...].

Actum in Caesena, in Contrata Crucis Marmoris, in ofitio mei, pres\$bus Rev D Lud de Doninis, et Petro Jeronimo de Versaris Tstibus

Ego Brunellus de Brunellis Not. Caesena, Rog

DIE vero DECIMA MENSIS OCTOBRIS Anno a Christi Natalis 1685...*Emptio Sulphuris*

[...] Il sig Girolamo del qd sig Cesare Spagnoli da Città Ravenna spontan. tanto in nome proprio quanto a nome del Sig Rinaldo Rambaldi et altri Compagni, per quali il detto sigr Girolamo promette de rato et rati habitione in formam\$ et nell'uno et nell'altro nome et in solido vende et aliena et obliga al Sig. Capitano Filippo Borghetti et sigr Benedetto Rizzi Cittadini di Cesena P\$nti, che comprano principalmente et in solido

Tutto il Solfore che dŕto Sig Girolamo e Compagni hanno e si trovano avere nel Porto Cesenatico magazzino, purchè non ecceda alla somma di TreCento Migliara Perchè in tal caso D.ti compratori non intendono prendere altra somma che le dette 300 Mill

Da darsi, pesarsi consegnarsi dal d.to sig Girolamo ai med Ssŕri Compratori ivi nel Cesenatico e nel magazzino ove di presente si ritrova detto SOLFORE con tara dell'uno pp cento per patto etc.

...E questo per prezzo e nome di prezzo di scudi 5 e bajocchi 80 di paoli X per scudo per ogni Migliario, così pattuito e concordato, dico— sc 5,80 al Migliario

Convengono in oltre le med.ŕme parti che la consegna dei detti SOLFORI si debba fare per Milliaia 70 entro il corrente mese di Ottobre, ed il restante dell'intera somma devono haverlo li dŕti sig.ri Borghetti e Rizzi per tutto il mese di maggio venturo 1686....

Per il prezzo e pagamento dei med Solfori convengono dette parti che ddi Sig.ri Borghetti e Rizzi, per sé, loro eredi, principalmente et in solido promettano dare e pagare esso prezzo alli sig.ri Girol. Spagnoli e suoi SS.ri Compagni e loro eredi di volta in volta che ddŕti Ssri. Comprat. andaranno levando detto Solfore dal Magazzino per quella somma però levata, con dilazione anco di venti giorni doppo ogni levata di Solfore, in tanta buona e corrente moneta [...]

Per stabilimento del P.ŕnte Contratto e per Caparra li med. SS.ri Borghetti e Rizzi attualŕte danno e sborsano al dd. Sig Girolamo pŕnte che riceve scudi sessanta 60 di paoli X, quali scudi sessanta qual caparra come sopra pagata detto Sigr Girolamo promette alli d.ti SS.ri Compratori scomputarli, e menarli buoni nel prezzo di d.o Solfore nella sua ultima paga, e non altrimŕ

Quae omnia sub poena dupli quam poena ita resp[...].

Actum in Caesena, in Contrata Stratae Intus, in Aula Palatio Abitationis Ill.mi Domini Canonici de Rubeis Vicarii Ep., presŕbus ibid Rev D Josepho qd Pauli de Voltulinis Clerico et Domino Carolo de Mainardis de dicta Civitate Testibus rogatis Ego Brunellus de Brunellis Not. Caesena, Rog

L'esame combinato dei due contratti permette di ricostruire il «ciclo produttivo» dello zolfo; lungi dall'essere una attività occasionale, in questo si individuano: a) il possessore del Fondo ove si trova il giacimento solfureo, che dà in affitto il terreno; b) gli imprenditori-cavatori, che costruiscono i pozzi e lavorano in loco la pietra solfurea, riscaldando la pietra a pezzi in pignatte refrattarie (poi «doppioni»). Si separa così dalla ganga lo zolfo fuso che viene colato in forme ottenendo il «pane di solfo» (barre di ca. 600 lb); questi «pani» vengono poi trasportati a Cesena, dove possono subire una ulteriore raffinazione (vedi oltre le dettagliate spiegazioni del Fantuzzi) oppure immagazzinati nel Porto di Cesenatico; c) A questo punto il minerale ha cambiato padrone, ed è stato comprato da commercianti/incettatori, spesso in società, che al momento opportuno lo rivendono; d) il minerale passa dai mercanti/incettatori ai mercanti/esportatori: lo zolfo comprato esce dai magazzini e va per mare, il più delle volte a Venezia, ma non solo, da cui si distribuisce in vari paesi, principalmente Fiandre e Spagna (nel sec. XVI). Il Fantuzzi ci darà poi la motivazione «strategica» di questo commercio e le stime della produzione e del «fatturato» nel sec. XVIII; qui ci preme notare la misura ponde-

rale dello zolfo prodotto, definita «miara», ossia migliaio di libbre (1 lb ca. 0,3 Kg); l'affitto del terreno è in «paoli» (1/10 di scudo) per miara di S prodotto, il prezzo di S al Cesenatico è di scudi 5,80 al migliaro, una partita commerciabile di S è di 300 migliaia (c.a. 90 100 tonn!) e quindi vale ca. 1800 scudi (per confronto, il costo, a quei tempi, di un grande podere o di un palazzo...). Una porzione, certamente molto limitata dello zolfo prodotto, veniva venduto in loco anche al minuto. Infatti, da inventari coevi di Spezierie, si ritrova, nel 1694, nell' inventario della Speciarìa Ceccaroni/Orsi: *solfi varie sorti lb 12, solfo vergine lb 4* (atto Brunelli B). Un secolo più tardi (1780), nell'Emporio Spezieria Argentini si trova: *S in canne lb 17; greggio lb 680* (atto Ragonesi N).

Ma quali erano gli usi di questo prodotto chimico «ante litteram»? Una miniera di notizie è contenuta nel poema didascalico «Il Zolfo» del nobile cesenate Vincenzo Masini (1689-1763) [8]; non si venga tratti in inganno della forma poetica: sotto una veste tradizionale l'opera contiene una trattazione, approfondita in apposite «annotazioni», ossia appendici di spiegazione del testo poetico, curando sia gli aspetti storico-eruditi che quelli tecnici e scientifici (in senso precorritore dei tempi), di quanto attiene alla estrazione, raffinazione, commercio ed usi di S: pertanto, una discussione non superficiale di tale opera non può essere qui condotta e si rimanda ad altro lavoro [13].

Del pari, vanno citate le opere dell'egregio scienziato ed uomo politico bolognese L. F. Marsili (1658-1730); che compì una breve visita nel cesenate a circa 18 anni (1676?), visitando le miniere di Polenta e Casalbuono; raccolse ivi una serie di appunti che conservò ed arricchì, nonché campioni di minerali. Ritornò poi sull'argomento in età matura e dal materiale manoscritto, ora conservato presso la Biblioteca Universitaria di Bologna, appare evidente la sua intenzione di scrivere un Libro o Trattato (Storia Naturale dei Gessi e Solfi di Romagna), rimasto allo stato di abbozzo. Una scelta da questi manoscritti è stata pubblicata in occasione del Centenario Marsiliano nel 1930 [7], ma in una veste editoriale così povera da esser oggi praticamente inutilizzabile, ed operando una scelta fra le varie carte raccolte all'uopo dal Marsili. Pertanto, anche in questo caso una analisi degli studi Marsiliani sull'industria degli zolfi, che evidenzia i contenuti scientifici proposti dal Marsili, progrediti per i suoi tempi, così come altri, più limitati, potrà svolgersi in altra sede.

Nel secolo successivo, l'«*Industria*» degli Zolfi di Romagna trovò invece l'autore che ne scrisse una trattazione esauriente: il già citato M. Fantuzzi (1740-1806), nobile ravennate, nipote del Cardinale Fantuzzi Gaetano (1708-1778): fu questi un intellettuale, influente prelado di Curia, già collaboratore di Papa Benedetto XIV Lambertini, quindi Cardinale «protettore» delle Legazioni di Romagna. Il nipote Marco fu designato nel 1767 come «Magistrato» di Ravenna (una sorta di Governatore) ed intraprese una serie di azioni politiche nell'ambito di una visione illuministica in cui le suggestioni di una formazione di tipo «enciclopedista» si coniugavano ad aspetti più tradizionali. Senza addentrarci negli aspetti, assai complessi, delle azioni e delle personalità dei due Fantuzzi, ci vale qui notare come nel 1785

ca. al Conte Marco venisse richiesto dal regnante Pontefice, Pio VI Braschi, un parere sulla vexata quaestio della tassazione (Dazio sì o no) dello zolfo. Nell'occasione il Fantuzzi compose lo studio (da lui definito «Memoria») *Informazione sopra le Zolfatare di Romagna*, datato 1788, e sottoposto alle Autorità: come l'autore lamenta, da queste non venne alcun riscontro positivo. Insieme ad altri studi, la Memoria venne pubblicata nel 1804, con alcune note di aggiornamento per i fatti trascorsi, nella collettanea «*Memorie di Vario Argomento*» [5] (di limitatissima tiratura) in cui l'autore rivendicava ai posteri il legato della sua azione politica, così come nella più ambiziosa opera «*Monumenti Ravennati*» raccoglieva la summa dei suoi studi di erudizione ed antiquaria. Nella «*Informazione sopra le Zolfatare...*» l'autore descrive in dettaglio la estrazione e lavorazione dello zolfo secondo le tecniche allora in uso; discute su base unitaria costi di produzione; suggerisce possibili miglioramenti, anche con l'applicazione di «analisi chimiche», caldeggiando l'uso di carbon fossile per la raffinazione (con l'impiego del minerale da poco scoperto nella zona di Sogliano, in realtà lignite di scarsa qualità), la costruzione di strade ed il potenziamento dei porti. Ciò che più rileva, ci fornisce dati sulla produzione ed i valori: si trascrive da pag 182:

«Poco se ne vende per lo Stato, meno ne va in Toscana con muli: sarà questo un oggetto, a dir molto, da 60 mila libbre all'anno. In Lombardia e Trieste ne va per 1 milione (di libbre), fra raffinato e grezzo; il rimanente, per sopra 3 milioni all'anno, si vende agli Olandesi, che vengono qualche Miglia lontano dalla spiaggia a caricarlo sui loro bastimenti... Rara volta va in Francia, ma più in Inghilterra [...]» «Nei dieci ultimi anni dal Porto di Rimini se ne è imbarcato per circa 15 Milioni (di libbre.), dal Cesenatico più di 25...»

Questo vale per il S grezzo; per quello raffinato, al tempo del Fantuzzi era attiva la sola Raffineria Montanari in Cesena, e ne produceva oltre 100 000 lb/annue *che va agli Arsenali Imperiali di Trieste e Milano...* (p. 193).

Come si vede, produzioni molto notevoli; ma Fantuzzi si spinge oltre, valutando che con semplici miglioramenti tecnici... *la potenzialità di produzione attuale, dai dopponi esistenti in funzione per 250 g/anno, possa ascendere a 10 milioni di libbre...*

Ancora, egli stima che «*il commercio introduca nello Stato la somma annua di sc 34 milioni [...] e che l'impiego nelle miniere sia di oltre 400 persone...*».

Pertanto, *questo complesso costituisce una «industria principalissima» per lo Stato e porta cospicui utili agli Impresari di Miniere, agli Incettatori ed ai Commercianti...*

Aggiunge però in nota l'Autore nel 1795: «Le guerre crudelissime e quasi generali (Rivoluzione Francese/Napoleone) portarono alla rovina delle Raffinerie e distruzione delle Fabbriche di Acido Vitriolico in Rotterdam ed al fallimento e fuga dei Proprietari... incagliando la vendita del Solfo grezzo...».

Si chiarisce così che l'esportazione verso i paesi del Nord andava a fornire la materia prima per la nascente industria chimica (acido Vitriolico) in Olanda ed

Inghilterra, mentre il solfo già raffinato era destinato all'industria bellica (Arsenali). Vi erano poi gli usi di tipo «specialistico» su cui si diffonde a lungo il Masini nella sua opera, ma che richiedevano quantità marginali della produzione. Resta il dubbio che i milioni di libbre di cui scrive Fantuzzi siano frutto delle sue rosee speranze, benché egli ci informi di aver avuto prova delle «Estrazioni» dai «Registri di Mare delle Dogane» ai Porti. Diamo però qui un documento di verifica/controllo indipendente, in quanto esiste nell'Archivio del Comune di Cesena [1] un insieme di scritture, indicato come «Registri dei Dazi esatti per varie merci», ed in particolare un «Libro del Solfo», per i dazi riscossi in 5 mesi del 1779: compaiono qui i nomi dei Commercianti/Esportatori, le ditte Visanetti, Balzani (di Cesena), Semprini (Cesenatico), ed il già citato Montanari, per quantità di S grezzo (oltre 700 000 lb) e raffinato (12 000 lb) che confermano quanto trovato da Fantuzzi. Finiamo quindi questa parte con le sue parole, in cui mostrava l'entusiasmo per le future sorti dell'industria degli Zolfi in Romagna:

*...Finchè vi sarà GUERRA, ed il Zolfo sarà Capo di Commercio per l'OLIO di Vitriolo, Agricoltura e Varie Manifatture [...]
Finché non si troveranno abbondanti Miniere di Zolfo migliore del Cesenate ed in luoghi sul mare... questo (Zolfo del Cesenate) avrà sempre smercio e sempre in maggiore quantità [...].*

Conclusioni

Passata la «Bufera Napoleonica» ebbe luogo la Restaurazione dello Stato Pontificio: ritornò il Papa-Re e ripresero le attività economiche nei modi tradizionali, basati su privilegi per la Chiesa ed, in misura minore, per il ceto nobiliare: l'economia rimase comunque vivificata dai nuovi concetti amministrativi, «venuti di Francia», che non si era riusciti a cancellare completamente. Una parte dei progetti, od auspici, di Fantuzzi venne così progressivamente ad attuarsi nel periodo 1830-48; anche nel Cesenate ci si mosse per lo sviluppo della produzione mineraria, con forme più moderne di investimento: si costituirono società di capitali e nuovi mercanti/imprenditori manifestarono il loro interesse per questo settore, il che comportò un più razionale sfruttamento delle miniere già note [6].

Uno sviluppo ben maggiore della produzione degli Zolfi di Romagna si ebbe dopo l'Unità di Italia, ma questo momento industriale è già stato oggetto di indagini numerose [6, 9] di altri autori.

Va notato che gli auspici di Fantuzzi con il loro travolgente ottimismo, si rivelarono profetici, ma come una «profezia di Cassandra»: venne dapprima lo sviluppo impetuoso delle miniere siciliane di Zolfo, nate nel periodo del Blocco Continentale, avvantaggiate da una maggiore produzione e dalla vicinanza al mare. I porti siciliani, installazioni degne di questo nome, non erano confrontabili per funzionalità col Cesenatico, oltre a trovarsi meglio situati sulle rotte commerciali: ciò rese marginale l'importanza degli zolfi romagnoli sul mercato. Fu così l'economia

siciliana a beneficiare del boom industriale della 2° metà dell'800, alimentando lo straordinario sviluppo dell'industria chimica in Gran Bretagna e Francia, dove il Processo Leblanc, «downstream» rispetto alla produzione di H_2SO_4 , iniziava ad assorbire la parte principale della produzione di S.

Questo «effetto Cassandra» sugli ambiziosi auspici di Fantuzzi si confermò vie più quando nel 1895 entrarono in produzione gli enormi depositi di S in Louisiana e Texas, prossimi al mare ed economicamente sfruttabili con il Processo Frasch, con il risultato di togliere pian piano, ma irrimediabilmente, all'allora Regno d'Italia il suo ruolo leader nel mercato mondiale dello Zolfo.

Ma ben peggio fecero i chimici, assestando il colpo mortale alle produzioni minerarie di Romagna, Sicilia e Marche: lo sviluppo della chimica organica di sintesi della seconda metà dell'800 offrì alle «ragioni della Guerra e della Pace» un assortimento senza precedenti di sostanze esplosive di grande potenza, che mandavano in soffitta la «polvere nera» con il suo Zolfo e Salnitro, assieme con le curiosità alchemiche...

Le più vaste e produttive miniere romagnole (Perticara, Formignano, Montevecchio) sarebbero rimaste in produzione, sostenute e sovvenzionate principalmente per scopi politici, fino alla fine degli anni '50 del 2° dopoguerra: la proprietà, cioè dal 1917 Montecatini, l'azienda leader della chimica italiana, avrebbe poi agevolato il ricollocamento degli ultimi dipendenti (minatori, operai delle Solfatore) presso il suo stabilimento di Ferrara, dove andava negli anni '60 ad aprirsi il nuovo capitolo industriale delle materie plastiche/petrolchimica: ma questa è un'altra storia...

Ringraziamenti: alle dott. Carla Boga e Letizia Vergnano per utili discussioni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A.S.F.C. (sez. Cesena) *Notai Cesena*, vol. 4391-2, 4400 Brunelli B. (1685-86, 1694); vol. 5159 Ragonesi N. (1780); stesso, *Comune di Cesena Antico*: Bandi, b. 24-25; Dazi e Gabelle b. 817/II, 1279, 1953.
- [2] Barbieri G., 1940. *Industria e Politica Mineraria nello Stato Pontificio dal '400 al '600* Cremonese ed. Roma.
- [3] Bassani A., 2005. *La Chimica Industriale nel Veneto*, in *Atti del XI Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Torino 2005*, Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie Scienze Fisiche e Naturali, p. 19-43.
- [4] Fantaguzzi G., 2012. *Caos*, trascrizione a cura di M. A. Pistocchi, Istituto Storico Italiano per il Medio Evo ed. Roma.
- [5] Fantuzzi M., a: 1801-2. *Monumenti Ravennati vol. I-VI*, Andreola F. ed., Venezia: vol. III p. 262-3; b: 1804. *Memorie di Vario Argomento: Memoria XVII - Informazione sopra le Zolfatare di Romagna* stesso, Venezia.
- [6] Magalotti P.P., 1998. *Paesi di Zolfo - Le Miniere di S del Cesenate*, Pontevecchio ed. Cesena; vedi anche pagine web della Società Ricerca e Studio della Romagna Mineraria www.miniereromagna.it/
- [7] Marsili L.F., a: 1930 *Scritti Inediti*, Zanichelli, Bologna; b: Manoscritti Marsiliani, Biblioteca Universitaria Bologna, Fondo Marsili, MS 88E ed altri.
- [8] Masini V., 1759 (1° ed.). *Il Zolfo Poema* Biasini, Cesena; 1762 (2° ed. illustrata), Lelio Della Volpe, Bologna.
- [9] Preti A., 1989. *Il lungo declino dello Zolfo*, in *Storia di Cesena*, vol. IV-2 p. 724-34, Bruno Ghigi ed. Rimini
- [10] Riva C., 1993. *Bandi Cesenati 1431-1473* p. 166; 180. La Fotocromo Emiliana ed., Bologna.
- [11] Turchini A., 1982. *Lo Solfo di Monte Jottone*, in *Romagna Arte e Storia*, 5, p. 43-52; 1989 *Lo Zolfo a Porto Cesenatico* in *Storia di Cesena*, vol. III p. 587-600, Bruno Ghigi ed. Rimini
- [12] Veggiani A., 1955 *La fusione dello Zolfo in Romagna nei sec. XV-XVIII*, in *Studi Romagnoli VI*, p. 335-53; 1979 *Zolfi e Zolfatari in Romagna*, in *Cultura Popolare Emilia Romagna*, Milano.
- [13] Zani P., Cochetti A., documenti non pubblicati.

ANGELO BASSANI*

Il cremor tartaro veneziano: una specialità

Summary – This paper traces a picture of the Venice production of the cream of tartar which attained a protoindustrial level in the 18th century. A similar production, with a different refining process, was developed in France, at Montpellier. A comparison is established between the two products, competing in Europe.

Riassunto – Nel '700 la produzione di cremor tartaro a Venezia assunse, per dimensioni e procedure, un carattere proto-industriale; esso viene qui esposto in confronto con quanto avveniva a Montpellier in Francia dove il processo di raffinazione era diverso.

Introduzione

Durante la produzione del vino sulle pareti delle botti o dei tini dove avviene la fermentazione si deposita il tartaro. Esso è costituito da prodotti diversi: materie coloranti presenti nell'uva, tannini e una sostanza cristallina in buona parte costituita da tartrato acido di potassio, comunemente detto cremor tartaro. Una sezione della *Encyclopédie méthodique*, pubblicata nel 1786, riporta una sintesi del suo processo di raffinazione su scala industriale in base a una descrizione risalente al 1725, relativa a quanto si praticava a Montpellier, nella Francia meridionale [6]. A differenza però di precedenti resoconti, per esempio la II edizione del *Dictionnaire de chimie* del 1784, il brano contiene pure un sommario di una diversa procedura, quella praticata a Venezia [11].

Ne aveva recato testimonianza, vent'anni prima, nel 1771, una figura non minore della scienza francese dell'epoca, Nicolas Desmarest, noto in particolare per l'attribuzione a origini vulcaniche del basalto. In una sua permanenza a Venezia fu particolarmente colpito dal processo produttivo del cremor tartaro, la cui descrizione – «c'est sur les lieux mêmes qu'il l'a faite» – venne pubblicata nel primo

* E.mail: angbassa@libero.it

volume delle *Observations sur la physique*, che il compilatore del periodico, l'Abbé Rozier, così commentò: «il seroit à souhaiter que tous ceux qui voient le fissent aussi utilement que lui; nos manufactures, en tout genre, auroient bientôt acquis la dernière perfection» [5].

Secondo questo resoconto, una media officina veneziana è corredata di 25-30 tinozze in legno di circa 3 piedi di altezza e 4 piedi di diametro; 12 grandi caldaie di rame a forma di tronco di cono dal diametro superiore di 3,5 piedi e inferiore d'un piede e mezzo con la profondità di tre piedi e mezzo. Tali caldaie, allineate lungo una parete del locale e distanti tra loro da 2,5 a 3 piedi, sono inserite in una cavità di forma pressoché cilindrica ricavata in una struttura di mattoni alla cui base vi è il focolare. A lato di questo vi è una sorta di sgabello, sempre in mattoni, per il servizio di due caldaie. Completano l'arredamento un certo numero di vaschette in grés, alcune caldaie in ferro e in rame di minor capacità rispetto alle precedenti, una schiumarola, una pala in ferro con il bordo inferiore tagliente ed un dispositivo a forma di follone per la riduzione in polvere del materiale grezzo. La conduzione dell'officina è assicurata da un capo operaio e due lavoranti.

Il procedimento impiegato è il seguente: il tartaro grezzo e la feccia vengono essiccati a calore moderato e con frequente agitazione nelle caldaie di ferro e il residuo viene finemente polverizzato mediante il maglio; dopodiché il prodotto risultante è trasferito nelle tinozze in dosi tali da esser sciolto completamente dall'acqua calda necessaria a riempirle. L'acqua impiegata nella lisciviazione viene raccolta e fatta bollire in una caldaietta di rame e quindi travasata a più riprese nelle tinozze provvedendo man mano a rimuovere il sedimento che si forma. Dopo questa prima depurazione la soluzione viene lasciata riposare tre giorni, tempo che l'esperienza ha mostrato necessario per la cristallizzazione completa. La soluzione restante viene travasata in altri recipienti per impieghi successivi, mentre il deposito cristallizzato formatosi sulle pareti delle tinozze viene asportato con la pala e trasferito nelle grandi caldaie di rame. Queste vengono riempite di acqua pura e riscaldate usando combustibili diversi: paglia, canne palustri, fascine. In una prima fase il riscaldamento è lento e moderato, accompagnato da costante agitazione ponendo attenzione a che la temperatura non superi il grado di tolleranza di un contatto manuale; con tali cautele si determinano le condizioni migliori per la depurazione. Allorché il capomastro, in base alla colorazione assunta dalla soluzione, rossastra o gialla intensa in relazione alla provenienza del prodotto grezzo, giudica conclusa, secondo la propria esperienza, tale fase preparatoria, che dura circa 8 ore, si procede a raggiungere l'ebollizione, mantenuta per circa mezz'ora.

Sulla liscivia del tartaro si procede poi alla purificazione, condotta direttamente dal capomastro che si munisce di un panierino d'uova, un secchio di cenere, una terrina profonda e un secchio vuoto. Rotto un uovo, se ne cola l'albume nella terrina dove c'è un po' d'acqua evitando perdite di tuorlo che, anche in piccole quantità, impartirebbe una colorazione rossastra a una massa consistente di prodotto. Disperso l'albume nell'acqua con una frusta, si aggiunge nella terrina una dose della liscivia calda e, continuando lo sbattimento, si fa montare una schiuma

che riempie tutta la terrina. Con destrezza poi si spande tale schiuma sulla superficie della soluzione calda e – «l'ouvrier ne perd pas un instant» – colla schiumarola si introduce nella massa liquida una minima quantità di cenere – «environ une poignée suffit» –; l'effervescenza che si genera – si ricordi che la soluzione è acida e la cenere contiene dosi di carbonato sodico o potassico – produce una schiuma rossastra che salendo va a mescolarsi con la «mousse» flottante in superficie che si impregna così della sostanza colorante: il miscuglio risultante viene travasato colla schiumarola nel secchio vuoto predisposto. Tale sequenza di operazioni, condotte, come viene riferito da Desmarest, «avec la même promptitude et attention», viene ripetuta 14 o 15 volte, dopo di che il liquido diviene incolore.

A questo stadio, spento il fuoco, la caldaia viene lasciata raffreddare senza altri interventi e durante i tre giorni successivi gli operatori si applicano alle necessità degli altri procedimenti in corso. La crosta salina formatasi alla superficie durante la pausa, il cui colore bianco sporco rivela una purificazione imperfetta, viene recuperata e collocata nelle tinozze dove si esegue la prima lisciviazione del tartaro grezzo ed allo stesso fine in altre tinozze si recuperano circa i due terzi della soluzione residua, unitamente al residuo schiumoso, nel frattempo liquefattosi, raccolto nel secchio durante le operazioni descritte. Con la pala a lama tagliente si procede poi a staccare dalle pareti verticali della caldaia i cristalli formatisi che, dopo un lavaggio con acqua, vengono posti ad essiccare su intrecci di vimini; separatamente vengono raccolti quelli formatisi sul fondo, eventualmente uniti poi al tartaro grezzo per un nuovo ciclo di depurazione.

L'organizzazione produttiva veneziana

In relazione alla manifattura e al traffico su grande scala di tale prodotto i riferimenti più antichi finora reperiti, ricavati da fonti redatte tra la fine del '400 e il primo '500, sono le distinte di carico di convogli navali diretti ad alcuni porti del Mediterraneo, in particolare Beirut e Alessandria d'Egitto; in esse vengono ripetutamente segnalate rilevanti partite colà importate, si ritiene, a fini terapeutici, di «tartaro» o «gripola» [2]. Non è sicuro, s'intende, che ci si riferisse al cremor tartaro vero e proprio, proveniente da una lavorazione particolare: nel contesto veneziano infatti gripola designa esclusivamente il prodotto grezzo. Si è indotti quindi a pensare, che si trattasse solo di commercio e non di industria.

È probabile che nel tempo qualche commerciante veneziano abbia ritenuto utile procedere a qualche forma di raffinazione e ciò abbia dato luogo a una nuova attività, la fabbricazione del cremore. In alcune testimonianze se ne fa risalire la produzione agli inizi del '700¹, ma la documentazione esaminata appartiene quasi completamente alla seconda metà del secolo.

¹ ASV (= Archivio di Stato di Venezia), *5 Savi alla Mercanzia*, I serie, b. 460, attestato di Giuseppe Rossi, 27/4/1785.

Da una relazione di Gabriele Marcello, uno dei Cinque Savi alla mercanzia, redatta nel 1767, cioè all'epoca del viaggio di Desmarest, ricaviamo la seguente descrizione:

Le Fabbriche del Cremor di Tartaro sono cinque. Quella di Giovanni Giuseppe Rossi à S. Marcuola, dal 1764 sin novembre 1766 ne lavorò duecento miara con dodeci caldare. Quella di Andrea Cecconi Gasparini à S. Girolamo lavora con diciotto caldare. Quella di Simon Carminati da pochi mesi eretta a S. Barnaba, lavora con sei caldare. Quella di Giovanni Carlo Svajer alla Giudecca lavora con cinque caldare [...]. E quella di Giuseppe Filiasi è divisa in due luoghi, l'una a S. Andrea, e l'altra a S. Rocco; e lavora con quindici caldare; cosicché tra tutte, lavorano con cinquantasei caldare; non stando mai in inazione, se non per deficienza di materia, ch'è la gripola, che non abbonda ne' pubblici Stati, e perché scarseggia da' Stati Forastieri; et asseriscono i predetti Fabbricatori, che con tre caldare si può mensualmente lavorare libre due milla cinquecento circa di cremor; cosicché le sudette 56 caldare potrebbero annualmente travagliare da miara 567 libre circa [170.797 kg, *ndr*] di detto genere. E se a tanto non giunge il loro lavoro, per l'accennato motivo, di molto però non degrada; ma lo accrescerebbero anco se più materia avessero, poicché non gli mancano copiose le commissioni, essendo stimato per la perfezione sua più di quello di Trieste, e di Marsiglia, talché non ponno molte volte supplirvi.

Piccolissimo consumo se ne fa à questa parte, e quasi tutto vien spedito nella Germania alta, Olanda Inghilterra, ed altri paesi del Nord, in Ponente, e per lo più vien pagato a pronti contanti. Questo è un capo utilissimo, perché più della metà del suo valore va sparso nel minuto popolo, in Facchini, Mureri, Caldereri, Peateri, Botteri, Mastelleri, Sanseri, ed altri, e dà continuo impiego all'arte d'Acquaroli, ed in oltre consuma tanta canna delle valli di Pò, Adige, e Loreo, che prima come inutile andava bruciata sopra le valli medesime².

Il fattore limitante della produzione di cremor tartaro era la disponibilità della gripola, importata per lo più dagli stati pontifici, e dieci anni più tardi i titolari delle officine (divenuti nel frattempo sette, con l'attivazione di quelle di Pietro Piccoli e Giovan Battista Tamossi) si accordarono per formare un oligopolio, convenendo di non oltrepassare mai le 30 caldaie ciascuno. Unitamente all'accresciuto numero di officine tale tetto, raggiunto nel 1790 dal Piccoli, può esser considerato una testimonianza del positivo sviluppo degli affari (tab. 1).

² ASV, *Senato Rettori*, f. 320, VII relazione di Gabriele Marcello, 30/4/1767; i «peateri» sono conduttori di grandi barche da carico, i «sanseri» mediatori d'affari; 1 libbra ≈ 0,3 kg.

Tabella 1 - Produzione di Cremor tartaro a Venezia.

Anno	Produttori	Caldaie	Gripola (kg)	Cremor tartaro (kg)
1767	5 (Carminati, Cecconi, Filiasi, Rossi, Svajer)	56	(calc) \approx 382871	\approx 170797
1790	6 (Carminati, Filiasi, Piccoli, Rossi, Svajer, Tamossi)	129	915232	403241

Come rilevato da Marcello, il connotato principale di questa manifattura erano le caldaie di raffinazione. Le più diffuse avevano in media la capacità di 12 mastelli cioè di circa 900 litri, ma se ne impiegavano anche di capacità inferiore (750 litri); nel 1790 peraltro una officina di Carminati risulta produrre con 5 caldaie da 25 mastelli l'una, poco meno di 1900 litri; un escamotage forse per aggirare il tetto delle 30 caldaie³. L'officina tipo descritta nella relazione di Desmarest prevede l'impiego di tre addetti per l'esercizio di 12 caldaie, in un rapporto di 1 a 4, mentre la documentazione veneziana dà un quadro più articolato: le caldaie in esercizio possono variare entro limiti abbastanza larghi in capacità e in numero (da 5 a 30) e la manodopera impiegata risulta essere in media nel rapporto di 1 a 2 (tab. 2)⁴.

Tabella 2 - Consistenza aziende.

Anno	Produttori	Caldaie	Operai	Cremor tartaro (kg)
1769	Carminati	21	9	66271
	Cecconi	24	9	72662
	Filiasi	10	n. i.	15664-16568
	Rossi	18	8	39198
	Svajer	9	5	31412

Ulteriori informazioni possono esser ricavate dal seguente prospetto (tab. 3), relativo ad uno dei maggiori produttori⁵, che contiene alcuni dettagli interessanti relativi al consumo di combustibile, costituito quasi sempre da fascine di canne palustri o fluviali, e di acqua dolce che, ricordo, veniva per questa ed altre produzioni importata dalla terraferma, essendo l'acqua dei pozzi riservata al consumo umano.

³ ASV, *5 Savi alla Mercanzia*, I serie, b. 400/85, dichiarazione dei titolari d'azienda, febbraio 1791, e allegati.

⁴ ASV, *Senato Rettori*, f. 337, decr. 10/9/1774, III relazione di Antonio Zulian, 26/4/1774, allegato n. 8.

⁵ ASV, *5 Savi alla Mercanzia*, I serie, b. 460, attestato dei fratelli Svajer, 11/4/1785.

Tabella 3 - Consumi.

Anno	Gripola (kg)	Canna (mazzi)	Acqua (barche)	Cremor tartaro (kg)
1780	234641	426631	292	81825
1781	171083	396844	297	76991
1782	159448	325910	233	55340
1783	204665	301426	235	61541
1784	183372	386134	288	80892

Mentre per l'impiego della canna palustre come combustibile, al di là del numero delle fascine, non si è potuto ulteriormente precisarne la quantità, circa il consumo d'acqua si può tener presente che un altro fabbricante, Carminati, per 66.277 kg all'anno di cremore, poco meno della media di Svajer (71.318 kg), consumava circa 150 burchi all'anno, corrispondenti a 6750 metri cubi⁶.

Dati i costi e i volumi dell'acqua e delle fascine consumate nella produzione non sorprende che in merito Carminati e Svajer, forse i più dinamici operatori del settore, abbiano tentato alcune innovazioni: per il primo un capo mastro muratore testimonia: «hò eretto nella Fabbrica di Cremor tartaro di essa Ditta vari differenti fornelli di nuova sua inventione, e questi a solo oggetto di esperimento, per ricercare ogni possibile risparmio; facilità e perfezione del lavoro di esso genere», mentre un secondo ricorda di aver «fatto nella fabrica di cremor tartaro delli SS F.lli Svajer un fornello à uso di carbon fossile per solo esperimento, che non riuscì, indi rifatto tutti gli altri ad uso di legna, quali tutti prima erano ad uso di canna»⁷.

I controlli analitici

Nel 1778 i Provveditori alla Sanità chiesero una perizia su un barile di prodotto proveniente forse dall'Europa centrale, dato che era in deposito presso il Fontego dei tedeschi. L'indagine, operata da due farmacisti, si svolse con prove comparative in relazione a un prodotto di accertata purezza.

Il primo confronto all'arroventamento diede i seguenti risultati:

Prendei piccola porzione delli due Cremori, e replicatamente li posi tutti e due separatamente sopra de' carboni accesi in un tempo stesso, ritrovai che il nostro Cremore prima fu liqueffatto dal fuoco con qualche piccola detonazione ed inseguito si calcinò sopra li stessi carboni, all'incontro l'altro Cremor di Tartaro Fore-

⁶ ASV, *Senato Rettori*, f. 337, decr. 10/9/1774, III relazione di Antonio Zulian, 26/4/1774, attestato di Simone Carminati, allegato n. 8, 13/8/1773.

⁷ ASV, *5 Savi alla Mercanzia*, I serie, b. 400/85, testimonianze di Lorenzo Pelli, gennaio 1791, e di Antonio Rossetti, 17/1/1791.

stiere non fece alcuna liquefazione ma bensì una fortissima detonazione per cui tutto svani senza rimanervi alcun vestigio sopra li medesimi carboni.

Per modalità d'indagine e per gli esiti, tali operazioni corrispondono alle procedure riferite da Fourcroy:

Lorsque on expose de l'acidule tartareux (i.e. bitartrato di potassio, *ndr.*) sur un charbon ardent, il se ramollit, se fond, se boursoufle, brunit, répand une fumée aigre, piquante, empyreumatique, d'une odeur particulière et bien déterminée. Il laisse un charbon volumineux, abondant, lourd e très alcalin» [8].

L'ispezione visuale non venne condotta sui prodotti grezzi ma sui cristalli ottenuti dopo un procedimento di dissoluzione, ebollizione, filtrazione e cristallizzazione; in tal caso si ebbero risultati analoghi, sebbene con resa diversa: «esaminai distintamente le sue cristallizzazioni sì del uno che del altro cremore con il mio microscopio li quali trovai ambidue nelle medesime proporzioni e figure». Simile fu anche l'esito di una prima valutazione delle caratteristiche acide: due quantità equivalenti di cremore vennero disciolte in eguali soluzioni di tintura di tornasole: «osservai che ambidue queste tincture si trasferì in rosso con pochissima differenza l'una dal'altra».

Una determinazione più precisa tuttavia, condotta con una primitiva titolazione, introdotta da tempo nella pratica chimica [10]⁸, effettuata peraltro a caldo viste le caratteristiche di solubilità del prodotto, portò a conclusioni diverse.

Indi passai ad un'altra preparazione, e fu di prender un'altra oncia per sorte delli due Cremori di Tartaro li quali posti sotilmente, e separatamente li versai in due lavazzetti con una libra di acqua comune à un fuoco uguale, osservai con atencione la prima bolitura, nel quale tanto in uno quanto nel altro vi spargei goccia, a goccia, un liquore alcalino sino cessi la sua effervescenza, la quale succedé di terminare nel nostro Cremore quando ne ho versato un'oncia, e meza del detto liquore alcalino, e nel Forestiere bastò una sola mez'oncia apena».

Per gli analisti decisive furono dunque la prima e l'ultima prova, in base alle quali fu redatto il responso finale:

Sicché mi determino che questo cremore di tartaro Forestier sia un composto de sali acidi estratti dalli capi morti delle acque forti, ed unito con altra porzione di buon cremore, per cui formò un Cremore di tartaro mancante di quelle perfezioni necessarie alle quali convengasi il legittimo e vero cremore di tartaro.

Tale conclusione venne completamente avallata dal protomedico che ne propose il divieto⁹.

⁸ Il procedimento indicato rappresenta una evoluzione rispetto a quello impiegato dall'autore francese che aggiungeva il reattivo alcalino in forma solida, anziché come «olio di tartaro per deliquo», cioè in soluzione; in merito si veda [3].

⁹ ASV, *Provveditori alla Sanità*, b. 587, relazione del protomedico Giovanni Paitoni, 14/2/1775, e perizie allegate, 26/1/1775 e 10/2/1775.

Ad un altro problema venne posta attenzione vent'anni dopo. In un'indagine disposta dai Provveditori alla Sanità in ordine ad una sollecitazione del 1794 di uno dei produttori, alla ricerca probabilmente di un riconoscimento istituzionale per il suo preparato, vennero formulati i seguenti quesiti:

Se il Cremore di tartaro ad uso comune nelle Farmacie sia raffinato nel medesimo modo, com'è quello, che serve agli altri usi sociali, e particolarmente delle Tintorie; E quando ciò fosse, se dalla pratica di questo ad uso di rimedio abbia a riuscirne nocumento alla umana salute, ch'è il precipuo gravissimo argomento della pubblica vigilanza;

E se finalmente il Cremore di tartaro presentato da Andrea Piccoli Pubblico Raffinatore sia spoglio onninamente di ogni sostanza metallica, che possa riuscir perigliosa.

La perizia, svoltasi «con la richiesta presenza dell'esimio signor Giovanni Arduino, tanto conoscitore della Chimica, e della Metallurgia» [14], venne così effettuata:

Formato [...] nelle caldaje il cremore, raffreddato etc. resta un fluido chiamato acqua madre.

Su questo fluido, porzione del quale entra come principio di cristallizzazione nel cremore, caderono le nostre prime osservazioni.

Preparata à tale oggetto una tersissima cazzarola di ferro, ed in quella fatto bollire per lo spazio di quattro minuti circa, lasciò la superficie della cazzarola suddetta tutta ricoperta di colore di rame.

Immerse delle lamine tersissime di ferro nella cosidetta acquamadre, e sola, e combinata col cremore di tartaro apparve in tutte la presenza del suddetto metallo.

In tre differenti spezierie da questo Ill.mo Sig.r Protomedico si spedì a prendere porzione di cremore di tartaro e distinte si marcarono A. B. C.

Fatta in una bottiglia di vetro bollire nell'acqua pura per qualche tempo una porzione del cremore segnato A. ed immersa in seguito una terza lamina di ferro ne restò irregolarmente segnata la superficie d'alcune striscie di color di rame. Raffreddato questo liquore, ed aggiuntevi alcune gocciole d'ammoniaca dopo brevi momenti leggermente si tinse d'azzurro. Accrebbe il colore l'aggiunta di alcune gocciole d'acido zolforico.

Fatte le stesse sperienze con l'altra porzione del cremore segnato B. diede appena segno di rame sul ferro, coll'ammoniaca, ed acido zolforico non diede visibile segno di alterazione.

Si coprì bensì tutta la superficie della lamiera di ferro nella terza porzione C. si caricò di color azzurro, ed accrebbe coll'acido zolforico.

Sottolineando quindi che i cremori in commercio manifestano tutti, in diversa misura, la presenza del rame, venne esaminato il prodotto del Piccoli, unitamente alla sua acqua madre:

Replicate tutte le sovraccenate sperienze, non è stato possibile il conoscere nell'uno, o rimarcare nell'altra la più picciola porzione di rame.

Si tentarono altre sperienze con nuovi reagenti, e principalmente col liscivio caustico ed orpimento, ma non diede segno che facesse nello stesso conoscere la presenza del piombo.

L'importante novità di questi risultati, al di là della conferma della pretesa del Piccoli rispetto al suo preparato, non sfuggì ai commissari che, soffermatosi sulla pericolosità del rame, anche con il riferimento ad una importante farmacoepa [13], auspicarono che fossero «poste a salvezza comune le più gelose apposite Provvidenze»¹⁰.

Osservazioni comparative

L'interesse di Desmarest per il cremor tartaro veneziano deriva soprattutto dal suo procedimento di depurazione, diverso da quello francese. Dopo aver disciolto a caldo il tartaro grezzo, la soluzione bollente, filtrata attraverso sacchi simili a grandi calze, viene raccolta in terrine verniciate, dove il sale viene lasciato a cristallizzare. L'acqua madre viene recuperata per un nuova dissoluzione e il nuovo filtrato viene raccolto nelle terrine precedenti; il procedimento viene ripetuto altre due o tre volte.

Il bagno di depurazione vero e proprio viene preparato stemperando in acqua dolce una terra argillosa bianca molto fine, di facile reperimento in una vicina località, da cui per sedimentazione viene allontanata la componente sabbiosa.

La sospensione così ottenuta, diluita fino a raggiungere la consistenza e l'aspetto di un latte ispessito, viene portata all'ebollizione in una grande caldaia e vi si aggiunge il residuo salino delle terrine. Dapprima si forma «une écume blanchâtre et sale», che viene man mano asportata con una schiumarola, poi, alla prima formazione di uno strato superficiale di crema di tartaro, si toglie il fuoco e si lascia raffreddare.

Dopo circa un giorno si provvede a rompere e a far precipitare al fondo lo strato superficiale, nel frattempo indurito, e, inclinando le caldaie, si travasa la maggior parte del liquido finché rimane abbastanza chiaro. Alla porzione rimanente, rossa e densa, viene aggiunta acqua fresca mentre la cristallizzazione formata sulle pareti, staccata con un utensile, va ad aggiungersi a quella già presente sul fondo. Aggiunta altra acqua il sedimento solido viene rimestato a mano; questi lavaggi vengono più volte ripetuti fino ad ottenere un liquido chiaro, dopo di che il prodotto è pronto per l'essiccazione [6].

Nella letteratura tecnica inglese, francese e tedesca successiva all'*Encyclopédie méthodique* quando si parla del cremor tartaro i due modi di raffinarlo sono spesso ripresi e quasi sempre citati assieme [1]. In qualche caso si esprime anche un giudizio comparativo. Chaptal si limita a rilevare che: «il processo di Mompellieri è preferibile a quello di Venezia; l'addizione delle ceneri introduce un sale straniero, che altera la purezza di questo prodotto» [4], mentre Fourcroy sostiene che

¹⁰ ASV, *Provveditori alla Sanità*, b. 591, relazione di Angelo Fontana Priore del Collegio dei medici fisici, Giuseppe Forni medico fisico, Ignazio Lotti protomedico, 24/9/1794, e perizia allegata, settembre 1794.

«questo metodo snatura l'acido tartaroso, e lo cangia in parte in tartrito di potassa». In questo caso però l'affermazione non lasciò indifferente il traduttore, il farmacista veneziano Francesco Dupré, che in una nota osserva:

L'autore ebbe forse in mira di far prevalere le fabbriche del cremor tartaro di Francia, a quelle di Venezia. Oltre ad essere inesatta la descrizione del processo praticato in queste fabbriche, è falso che l'aggiunta delle ceneri snaturi l'acidulo tartaroso. Si sa esser proprio di questo sale il cristallizzarsi con eccesso d'acido; ed io ebbi a convincermi che l'acqua madre contiene abbondantemente del tartrito di potassa oltre la quantità che poteva formarne la cenere [7].

Forse a conoscenza delle critiche contenute nell'edizione veneziana, Fourcroy ritornò sulla questione in forma più articolata nel suo *Système des connaissances chimiques*.

Il est bien évident que ce procédé dénature une partie du tartre ou de l'acidule tartareux, que la potasse des cendres sature une portion de son acide à nu, comme l'annonce l'effervescence qui se manifeste, qu'on en porte une partie à l'état de tartrite soluble, et qu'il doit s'en perdre beaucoup par ce procédé. L'eau-mère doit contenir du tartrite de potasse ou du *sel végétal*, comme on le nommait autrefois. Il est également évident que le procédé de Montpellier est bien préférable [9].

Le considerazioni di Chaptal e Fourcroy, indipendentemente dall'eventuale componente non chimica, hanno sicuramente fondamento; andrebbe peraltro ricordato che la formazione di «écume blanchâtre et sale» al momento dell'aggiunta del tartaro di prima raffinazione alla sospensione bollente di terra argillosa bianca è indizio di probabile esistenza di carbonati alcalino terrosi nella stessa: anche per il cremor tartaro di Montpellier vi è il sospetto di parziale alterazione.

Per concludere voglio ricordare che una farmacopea pubblicata nel 1836, nel dare la preferenza al cremore francese rispetto a quello veneziano, tra i vari modi di purificazione del prodotto commerciale, ne suggerisce uno che ne riprende in parte la tecnica:

Cremoris tartaris quantum vis, Aquae quantum sufficit ad dissolutionem salis, cola liquorem, **albuminis ope clarifica, despuma** et per pannum colatum in crystallos coges [12].

BIBLIOGRAFIA

- [1] AA.VV., 1799. *The venetian method of preparing crystals of tartar, commonly called Cream of Tartar*, «The monthly magazine», 8, pt. II, july-december, p. 964; AA.VV., 1798. *Handbuch der Chemie*, Leipzig, Johann Gottlob Feind, pp. 284-286.
- [2] ARBEL B., 2004. *The last decades of Venice's trade with the Mamluks: importations into Egypt and Syria*, «Mamlük studies review», 8, n. 2, pp. 37-86.
- [3] BASSANI A., 1991. *La lenta legittimazione dell'analisi volumetrica: da Descroizilles (1806) a Ostwald (1894)*, ABBRI F., CRISPINI, F. (a cura di), *Atti del III Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica*, Cosenza, Brenner, pp. 131-161.
- [4] CHAPTAL G.A., 1792. *Elementi di chimica*, 5 voll., Venezia, Valle, traduzione di Nicolò Dalla Porta, IV, pp. 215-218.
- [5] DESMAREST N., 1771. *Méthode employée à Venise dans la purification des cristaux de tartre, connus sous le nom de crème de tartre*, «Observations et mémoires sur la physique, sur l'histoire naturelle, et sur les arts et métiers», 1, pp. 67-74.
- [6] FIZES A., 1727. *Manière de préparer, de dépurar et de blanchir le cristal de tartre*, «Histoire de l'Académie royale des sciences avec les mémoires de mathématique et de physique», année 1725, pp. 346-354.
- [7] FOURCROY A.F. 1800-1802. *Elementi di storia naturale e di chimica*, 5 voll. Venezia, Albrizzi, Traduzione di F. Dupré sulla V ed. francese (1894), IV, p. 59.
- [8] –, 1797-1798. *Système des connaissances chimiques, et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*, 11 voll., Paris, Baudoin, Brumaire an IX-Pluviose an X, VII, p. 236.
- [9] –, *ibid*, p. 235.
- [10] GEOFFROY C.J., 1731. *Examen du vinaigre concentré par la gelée*, «Histoire de l'Académie royale des sciences avec les mémoires de mathématique et de physique», année 1729, pp. 68-78.
- [11] GUYTON DE MORVEAU L.B., 1786, *Acide tartareux*, in *Encyclopédie méthodique – Chimie pharmacie et métallurgie*, 7 voll., Paris, Panckoucke, Agasse, 1786-1815, I, pp. 308-330, *ivi* p. 310. MACQUER P.J., 1778². *Dictionnaire de chimie*, 2 voll., Paris, De l'imprimerie de Monsieur, alla voce.
- [12] JOURDAN A.J.L., SEMBENINI G.B., 1836. *Farmacopea universale ossia prospetto delle farmacopee di Amsterdam, Anversa, Dublino, Edimburgo (etc.)*, 6 voll., Venetiis, Tasso, IV, pp. 525-526.
- [13] SPIELMANN, J.R., 1786, *Pharmacopea generalis*, Venetiis, Pezzana, *Cuprum*, p. 45.
- [14] VACCARI E., 2002. *Giovanni Arduino*, CASELLATO S., SITRAN REA L. (a cura di), *Professori e scienziati a Padova nel Settecento*, Padova, Centro per la Storia dell'Università di Padova, pp. 591-601.

MAURIZIO D'AURIA*

Alle origini della fotochimica in Italia. Cannizzaro e l'isomerizzazione fotochimica della santonina

Summary – Santonin is a sesquiterpenic molecule unstable under sunlight. The study related to the identification of reaction products obtained in the irradiation of santonin started in 1830. The contributions of Sestini and of Cannizzaro group are discussed showing that they were able to get very close to establish the structures of both santonin and photosantonin.

Riassunto – La santonina è un sesquiterpene instabile sotto l'azione della luce. Lo studio volto all'identificazione dei prodotti di reazione ottenuti per irradiazione è cominciato nel 1830. Vengono discussi il contributo dato da Sestini e dal gruppo di Cannizzaro e verrà mostrato come questi furono capaci di proporre una struttura della santonina e della fotosantonina molto vicina a quella reale.

Nel 1870 Cannizzaro accetta il trasferimento a Roma da Palermo con il compito di fare in modo che la ricerca chimica all'Università di Roma assuma la rilevanza internazionale che gli spetta in quanto università della Capitale del nuovo Regno d'Italia.

Cannizzaro rivolgerà i suoi interessi scientifici in tutti i campi in cui la chimica poteva svolgere un ruolo importante. Nel campo della chimica organica l'attività di Cannizzaro sarà in gran parte occupata dalla determinazione della struttura della santonina.

La santonina è un lattone sesquiterpenico la cui biosintesi, relativamente complessa, prende le mosse dal germacrene A [4, 9]. La struttura della santonina, un composto noto da molto tempo per la sua attività antielmintica, viene riportata nella Figura 1; è stato isolato da piante di *Artemisia maritima* e *Artemisia cina* appartenenti alla famiglia delle Compositae.

* Dipartimento di Scienze, Università della Basilicata, Viale dell'Ateneo Lucano 10, Potenza, Italy. E.mail: maurizio.dauria@unibas.it

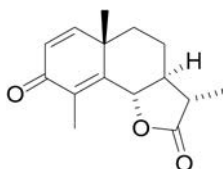


Fig. 1. La santonina.

Oltre al fatto che nel 1870 non si conosceva la struttura della santonina, bisognava considerare che non ne era noto anche il decorso fotochimico. Era noto, di fatti, il fatto che il composto con fosse stabile in presenza della luce. La comprensione del decorso fotochimico della santonina poteva dare utili informazioni sulla struttura della sostanza stessa.

Il primo rapporto relativo al comportamento fotochimico della santonina viene fatto dal farmacista Kahler nel 1830. Il farmacista aveva ottenuto la santonina da *Artemisia cina* e nota: «Im Sonnenlichte nehmen sie eine gelbe Farbe an» [14]. Qualche anno dopo la stessa osservazione viene fatta da Trommsdorf [20].

Heldt scrisse nel 1847 un lavoro complessivo relativo alla santonina e descrisse anche il comportamento fotochimico dei cristalli [13]: «Das Santonin wird durch das Licht gelb gefärbt, weshalb alle Operationen mit demselben bei Abschluss des Tageslichts vorgenommen werden müssen.

Setzt man Santoninkristalle der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus, so bemerkt man schon nach 10 Minuten einen Farbenwechsel; sie erhalten einen Stich ins Gelbliche, werden mit der Zeit immer dunkler gelb und zerspringen dabei mit Lebhaftigkeit, zuletzt nehmen sie eine goldgelbe Farbe an.

Tromsdorf hat nachgewiesen, dass sowohl das unzerlegte Sonnenlicht, als auch der violette und blaue Strahl diese Veränderungen hervorbringen, während der gelbe, grüne und rothe Lichtstrahl ohne Wirkung darauf sind. Die Farbenumwandlung ist unabhängig von dem Medium, sie findet sowohl in der atmosphärischen Luft, als unter Flüssigkeiten und Gasen statt.

Ich habe die durch das Licht in der Krystallform bewirkten Veränderungen unter dem Mikroskop beobachtet.

Die Santoninkristalle zerspringen zuerst nach Schnitten, welche normal auf die Längenaxe zugehen; die zugeschärften Endflächen werden gleichfalls durch Schnitte abgetrennt, welche die Längenaxe rechtwinklich schneiden. Die Schnittflächen sind keine Ebenen, sie haben sehr unregelmäßige Begrenzungen».

L'aspetto più significativo di questo passo sta nel fatto che i cristalli irradiati mostrano delle particolari linee di frattura: «i cristalli vengono scissi prima lungo tagli perpendicolari all'asse lungo; anche le facce inclinate del cristallo vengono separate da tagli perpendicolari all'asse lungo. Le nuove superfici create non sono planari ma hanno bordi alquanto irregolari. Se A è la vista dall'alto del cristallo, le linee a, b, c, indicano la direzione della frattura» (Figura 2). Nel 2011 l'Editor della

rivista *Photochemical and Photobiological Sciences* rivendicò queste osservazioni come un primo esempio di chimica supramolecolare [17].

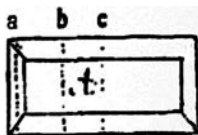


Fig. 2. I tagli su un cristallo di santonina quando questo viene irradiato in presenza di luce solare.

La santonina irradiata diventa gialla. Questo fenomeno è stato studiato da Montemartini anche se il suo studio non ha portato a conclusioni definitive [15]. Non si trova in accordo con le osservazioni fatte da Heldt: «Per mio conto avendo osservato, con un ingrandimento di 80 diametri, dei piccoli cristalli incolori e degli altri ingialliti (...) non vi potei riscontrare differenze; in entrambi i casi si avevano delle strie di sfaldatura normali all'asse longitudinale. Anche esaminando uno stesso cristallo prima e dopo l'ingiallimento non notai variazioni di sorta; neppure le strie di sfaldatura erano aumentate». Egli trovò che: «Il punto di fusione si abbassa continuamente; il rammollimento che precede la fusione credo sia dovuto principalmente al fatto che sul principio la santonina ingiallisce (...); il potere rotatorio della santonina diminuisce per ingiallimento (...); la soluzione di santonina ingiallita non dava (...) bande di assorbimento, limitava però l'estensione dello spettro, esso era visibile solo dal rosso al verde, dopo il verde più nulla si osservava. (...) La santonina ingiallita è più solubile. (...) È (...) indiscutibile che la composizione centesimale del prodotto giallo è identica a quella della santonina. (...) La santonina ingiallendo conserva (...) la stessa grandezza molecolare. (...) Quando la santonina gialla è disciolta in qualunque solvente a caldo, e la soluzione è lasciata raffreddare allo scuro, i cristalli che si depositano sono di santonina incolora, come mi accertai esaminandone la forma cristallina, il punto di fusione, ed anche facendone la combustione. (...) La santonina inalterata (...) è molto stabile in presenza del permanganato (...). Invece ripetendo la stessa esperienza colla santonina ingiallita il permanganato potassico è immediatamente distrutto, e la soluzione rimane decolorata dopo qualche secondo. E non solo la velocità della reazione è diversa, sono, oltre a questa, pure diversi i prodotti da essa derivanti, giacché limitando l'ossidazione della santonina gialla non si trova tra questi prodotti l'acido ossalico che è il prodotto predominante, si può dire il principale offerto dalla santonina inalterata. (...) Appare che la cromosantonina può solo differire dalla santonina per la posizione dei legami che legano fra di loro gli atomi di carbonio del gruppo idro-naftalico che ne costituisce il nucleo». Sulla santonina gialla non è stato fatto più nessun studio e l'origine di questo colore non è stato identificato.

Nel 1865 Sestini aveva descritto la prima sintesi chimica della fotosantonina: «Sei mesi or sono (...) feci conoscere che la luce solare, agendo per lo spazio di un

meze sopra la soluzione alcolica della sostanza predetta, trasforma la Santonina in altra, che io più per comodità che per altro chiamai Acido Fotosantonico; (...) Onde averla in questo stato ho dovuto isolare la fotosantonina dalla sua soluzione alcolica, diluendo la soluzione stessa ottenuta per l'azione del sole, con un volume di acqua stillata 15 volte maggiore al proprio. L'aggiunta dell'acqua rende lattescente il liquido, sul quale vengono tosto a galleggiare delle gocce oleose, che dopo uno, due, o tre giorni si trovano consolidate in bianche lamine cristalline; delle quali al fondo del liquido se ne trovano in grande quantità» [18].

Nel 1876 Sestini migliora la procedura per l'isolamento del prodotto di irradiazione effettuando la reazione in acido acetico: «Si sciogliono 40 parti di santonina in 600 di acido acetico contenente dal 70 all'80 p.% di $C_2H_4O_2$, e si espone il soluto in bottiglia a smeriglio alla diretta azione del sole.

Scorsi 30 o 40 giorni d'insolazione, secondo che è estate o no, o meglio quando nel liquido acetico non si può riscontrare più santonina si aggiunge ad esso un volume di acqua stillata 5 o 6 volte maggiore del soluto acetico, con che si depone l'acido fotosantonico, che cristallizzato più volte nell'alcoole, o nell'etere misto ad alcoole, si purifica» [19].

La procedura descritta da Sestini venne migliorata qualche anno dopo da Villavecchia: «Una soluzione di santonina nell'alcool di 90° fatta in ragione di 20 gr. di santonina per ogni litro d'alcool venne esposta alla luce diretta per 3 mesi. Il liquido prese appena una tinta giallognola e venne distillato nel vuoto a b. m. per eliminare il solvente; al residuo che è un olio denso e colorato in giallo-bruno si aggiunse una soluzione tiepida di carbonato sodico e si riscaldò a blando calore. La parte del prodotto che si sciolse nel liquido alcalino, si riottenne saturando questo con acido cloridrico, in forma di un precipitato fioccoso che fatto cristallizzare dall'alcool, diede i cristalli fusibili a 154° dell'acido fotosantonico» [22]. Questa stessa procedura verrà poi seguita diversi anni dopo da Francesconi e Maggi quando questi studieranno la preparazione di alcuni derivati della fotosantonina [11]. È bene notare che al momento del lavoro di Sestini ed anche quando Villavecchia pubblica il suo lavoro, la fotochimica in Italia è praticamente inesistente. Il primo lavoro di Ciamician e Silber sulla riduzione del chinone è del 1886 [1]. Limitatamente alla mia esperienza in questo settore, conosco un solo lavoro di fotochimica precedente a questo, risalente al 1875, a firma di Paternò e Fileti [16].

Nel 1886 Cannizzaro stesso si occupa del comportamento fotochimico della santonina. Trova un secondo prodotto nella reazione che chiamerà isofotosantonina: «La santonina dunque, che è un lattone dell'acido santónico, fissando gli elementi di una molecola d'acqua, sotto l'azione prolungata della luce, dà i lattoni di due acidi diversi; uno bibasico, il fotosantonico, l'altro monobasico, detto da noi isofotosantonico. Pare dunque, che nell'uno e nell'altro lattone sia rimasto inalterato il gruppo lattone della santonina. Nel lattone fotosantonico si è formato inoltre un carbossile, che lo fa acido monobasico, capace di dare l'etere corrispondente monoetilico, cioè la fotosantonina. Nel lattone isofotosantonico invece non evvi car-

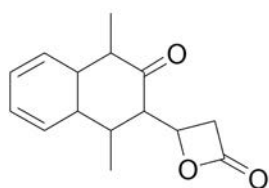
bossile. Nell'uno e nell'altro, il gruppo lattonico si comporta come quello della santonina, cioè non dà l'etere corrispondente.

L'ipotesi più probabile per spiegare la diversa costituzione dei due lattoni è, che quando la santonina diviene lattone fotosantonico, si apre uno degli anelli della dimetilidronaftalina, cioè il CO diviene CO OH e si stacca dall'altro carbonio, a cui è attaccato il gruppo lattonico ed al quale si somma l'altro atomo di idrogeno dell'acqua, mentre che nel lattone isofotosantonico sono rimasti chiusi tutti i due anelli naftalici; probabilmente il CO, rimanendo collegato ai due carboni come un CO chetonico, diviene

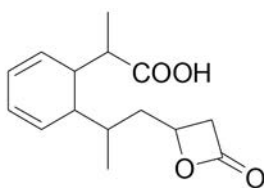


I due prodotti acetilici del lattone isofotosantonico confermerebbero questa supposizione, mentre che il facile scomporsi dell'acido fotosantonico nell'acido monobasico C¹⁴... per eliminazione di CO², conferma essere in esso aperto l'uno degli anelli naftalici.

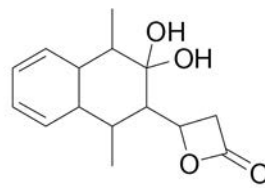
Scriviamo più sotto le formule di struttura, le quali riassumono queste nostre ipotesi, che continueremo a discutere coll'esame di altri fatti» [6].



Santonina



Lattone fotosantonico



Lattone isofotosantonico

In questo contesto Cannizzaro si spinge a fare un'ipotesi sulla struttura della santonina. Se confrontiamo la struttura proposta da Cannizzaro con quella accettata ora non troviamo molte analogie. Ovviamente, anche la struttura dei prodotti di fotoisomerizzazione è priva di fondamento.

Nel 1893, sulla base dei risultati di altri suoi lavori [5] e sulla base del lavoro di Gucci e Grassi Cristaldi [12], formulò un'ipotesi diversa sia della struttura della santonina che di quella della fotosantonina (Figura 3) [7]. Il lavoro di Gucci e Grassi Cristaldi è indicativo delle motivazioni che hanno portato a modificare la proposta di struttura. Le osservazioni principali sono le seguenti: a) la funzione chetonica è stata trasformata in ossima, da questa in ammina, funzione questa poi eliminata. Questa osservazione era in accordo (sbagliando) con la presenza di carbonio saturo in α al carbonile. La facilità, poi, con cui avveniva l'eliminazione faceva pensare che si formasse un sistema coniugato. Questa osservazione permetteva di spostare la funzione chetonica dall'anello dove l'aveva messa inizialmente Cannizzaro all'altro che portava i doppi legami. b) Il trattamento della molecola

ottenuta con un forte ossidante permetteva di ottenere un acido ftalico con due metili in posizione *para* fra di loro. Questa osservazione era in accordo con il fatto che i metili fossero entrambi sullo stesso anello che portava originariamente la funzione chetonica. Qui gli autori commettono uno sbaglio perché, probabilmente, non si accorgono che l'eliminazione della funzione amminica era stata accompagnata da una trasposizione del metile nella giunzione fra i due anelli, senza la quale l'eliminazione era impossibile. c) Si idrolizza il lattone e si elimina la funzione alcolica. Questo porta ad un prodotto ancora otticamente attivo che fa propendere gli autori per ammettere che il lattone è a cinque termini (condizione necessaria per far tornare l'osservazione con la formula della santonina), e che ci sia un atomo di carbonio asimmetrico (unica possibilità residua dopo l'eliminazione della funzione alcolica) sull'anello lattoneico. Queste osservazioni sono tutte compatibili con la struttura proposta per la santonina. La struttura conseguente della fotosantonina deriva dall'ipotesi che si sia verificata una scissione in α al carbonile, con idrolisi successiva del biradicale ottenuto. La scissione in α al carbonile (quella che oggi viene chiamata reazione di Norrish di Tipo I) in realtà non era stata ancora descritta come tale e Ciamician la riporterà in dettaglio solo nel 1907 [1].

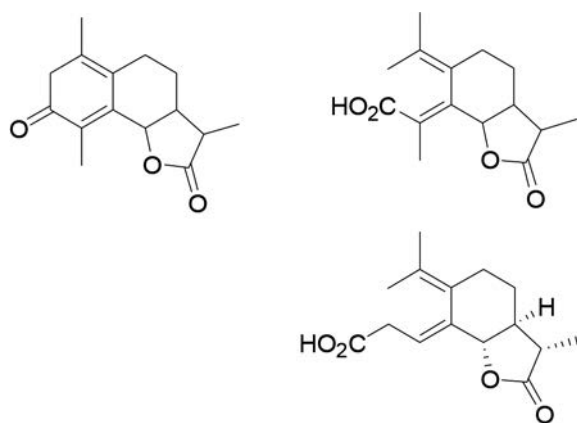
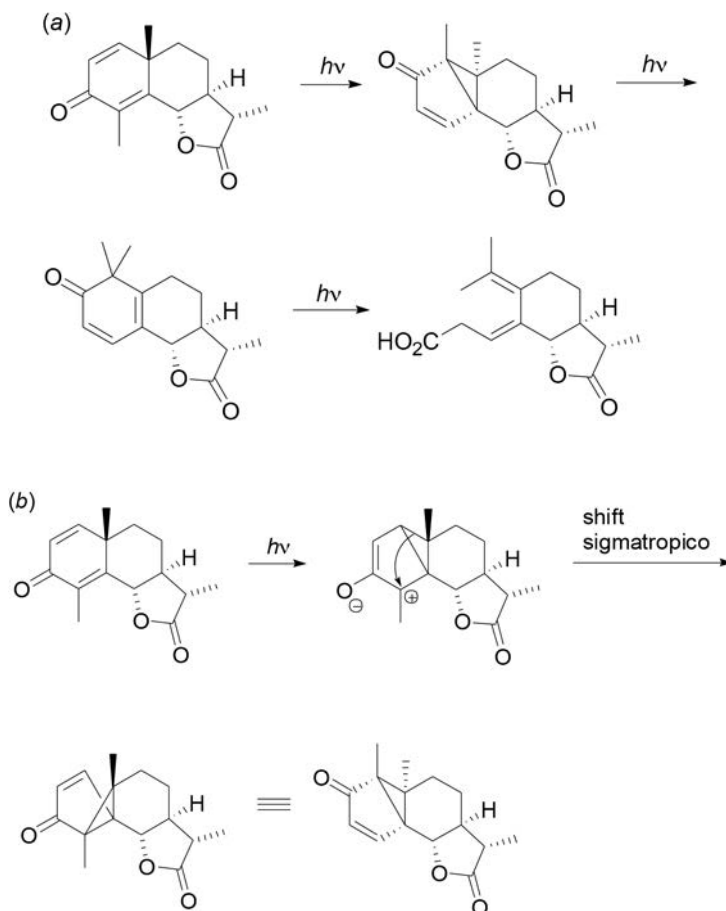


Fig. 3. Santonina (a sinistra) e fotosantonina (a destra) come proposti da Cannizzaro. Sotto la struttura vera della fotosantonina.

La struttura proposta per la santonina in quest'articolo è molto simile a quella accettata. Le differenze sono nella posizione di un metile e sulla posizione di un doppio legame. Questa struttura verrà poi corretta qualche anno dopo da Angelo Angeli [2]. La struttura della fotosantonina sarà invece identificata nel 1958 da van Tamelen [21, 22].

Solo nel 1963 si riuscì a determinare il meccanismo della reazione di trasposizione. Fortunatamente in questo caso fu possibile isolare tutti gli intermedi della reazione (Schema 1a) [3, 8-10]. Critico è soprattutto il primo passaggio che consi-

ste in una ben nota isomerizzazione di un dienone con formazione di ciclopropano e shift sigmatropico (Schema 1b).



Schema 1. (a): la fotoisomerizzazione della santonina. (b): meccanismo di trasposizione del dienone della santonina.

Sestini prima e Cannizzaro poi si erano scontrati con una reazione fotochimica dal decorso molto complesso e di difficile comprensione all'epoca. Risulta ancora più incredibile quindi che, malgrado il deficit di conoscenze che non poteva essere eliminato, Cannizzaro sia riuscito ad arrivare così vicino alla soluzione del problema.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Albini A., 2008. *The «Belle Epoque» of photochemistry*. «EPA Newsletter», 78, 97-104.
- [2] Angeli A., L. Marino, 1908. *Sopra l'acido santoninico*. «Regia Accademia dei Lincei - Memorie», 385
- [3] Barton D.H.R., P. De Mayo, M. Shafiq, 1957. *The mechanism of light-catalysed transformation of santonin into 10-hydroxy-3-oxoguai-4-en-6:12-olide*. «Proceedings of the Chemical Society», 205.
- [4] Barton D.H.R., G.P. Moss, J.A. Whittle, 1968. *Investigations on the Biosynthesis of Steroids and Terpenoids. Part I. A Preliminary Study of the Biosynthesis of Santonin*. «Journal of Chemical Society C», 1813-1818.
- [5] Cannizzaro S., 1883. *Sui prodotti di decomposizione dell'acido santonoso*. «Gazzetta Chimica Italiana», 13, 385.
- [6] Cannizzaro S., G. Fabris, 1886. *Sopra un nuovo acido derivato della santonina (acido isofotosantonico)*. «R. Accademia dei Lincei, Rendiconti», Serie II, Parte A, 448-453.
- [7] Cannizzaro S., P. Gucci, 1893. *Sopra alcuni derivati dell'acido fotosantonico*. «Gazzetta Chimica Italiana», 23(I), 286-294.
- [8] Chapman O.L., L.F. Englert, 1963. *A Mechanistically Significant Intermediate in the Lumisantonin to Photosantonin Acid Conversion*. «Journal of the American Chemical Society», 85, 3028-3029.
- [9] de Kraker J.W., M.C. Franssen, M.C. Dalm, A. de Groot, H.J. Bouwmeester, 2001. *Biosynthesis of germacrene A carboxylic acid in chicory roots. Demonstration of a cytochrome P450 (+)-germacrene a hydroxylase and NADP+-dependent sesquiterpenoid dehydrogenase(s) involved in sesquiterpene lactone biosynthesis*. «Plant Physiology», 125, 1930-1940.
- [10] Fisch M.H., J.H. Richards, 1963. *The Mechanism of the Photoconversion of Santonin*. «Journal of the American Chemical Society», 85, 3029-3030.
- [11] Francesconi L., G. Maggi, 1903. *Azione della luce e degli alcali sulla Santonina e suoi derivati. Acido Fotosantoninico*. «Gazzetta Chimica Italiana», 33(II), 65-78.
- [12] Gucci P., G. Grassi-Cristaldi, 1892. *Sopra alcuni derivati della santonina*. «Gazzetta Chimica Italiana», 22(I), 1-55.
- [13] Heldt W., 1847. *Ueber die Natur des Santonins und die Gesetze der Harzbildung*. «Justus Liebig's Annalen der Chemie», 63, 10-83.
- [14] Kahler, 1830. *Ueber einen neuen Stoff im Semen Cinae*. «Arkiv der Pharmazie», 34, 318-319.
- [15] Montemartini C., 1902. «Gazzetta Chimica Italiana», 32(I), 325-366.
- [16] Paternò E., M. Fileti, 1875. *Azione della luce sull'acido nitrocuminico*. «Gazzetta Chimica Italiana», 5, 385-387.
- [17] Roth H.D., 2011. *A tribute to Stanislaio Cannizzaro, chemical informationist and photochemist*. «Photochemical and Photobiological Sciences», 10, 1849-1853.
- [18] Sestini F., 1865. *Fatti relativi alle metamorfosi chimiche della santonina*. «Repertorio Italiano di Chimica e Farmacia», Firenze.
- [19] Sestini F., 1876. *Sull'acido fotosantonico*. «Gazzetta Chimica Italiana», 6, 357-369.
- [20] Trommsdorff H., 1834. *Ueber Santonin*. «Annalen der Pharmacie», 11, 190-208.
- [21] van Tamelen E.E., S.H. Levin, G. Brenner, J. Wolinsky, P. Aldrich, 1958. *The structure of photosantonin acid*. «Journal of the American Chemical Society», 80, 501-502.
- [22] van Tamelen E.E., S.H. Levin, G. Brenner, J. Wolinsky, P. Aldrich, 1959. *The structure of photosantonin acid*. «Journal of the American Chemical Society», 81, 1666-1678
- [23] Villavecchia V., 1885. *Sopra alcuni derivati della Santonina*. «Atti R. Accademia dei Lincei», Serie IV, 1, 721-726.

RINALDO CERVELLATI*

Le reazioni periodiche: i contributi di William C. Bray e Alfred J. Lotka

Periodic reactions: the contributions of William C. Bray and Alfred J. Lotka

Summary – Chemical phenomena governed by nonlinear dynamics have been studied intensively only since the mid-60s of the last century, but they were known since 1920 having as forerunners the chemist W.C. Bray and an «anomalous» chemist, A.J. Lotka. This contribution is the result of a careful reading of their work and a patient research into their lives.

Riassunto – I fenomeni chimici governati da dinamiche non lineari sono stati studiati intensivamente solo a partire dalla metà degli anni '60 del secolo scorso, tuttavia essi erano noti fino dal 1920 avendo come apripista il chimico W.C. Bray e un chimico «anomalo», A.J. Lotka. Questo contributo è il frutto di un'attenta lettura dei loro lavori e di una paziente ricerca sulle loro vicende umane.

Parole chiave: Bray, Lotka, Dinamiche non-lineari, Reazioni periodiche

Introduzione

Il ritmo sempre più frenetico imposto dalla regola del «publish or perish» ha prodotto un moltiplicarsi delle pubblicazioni scientifiche. Gli articoli riportano i risultati, i fatti, insieme a una discussione di questi secondo teorie più o meno consolidate. La parte sperimentale, in generale in fondo al resto, è appena descritta in modo tale da essere spesso difficilmente riproducibile. Per questo motivo le riviste e i giornali scientifici non possono costituire da sole un corpus storico. Come furono realizzati gli esperimenti e in quanto tempo? Quali difficoltà si dovettero superare? Quali riflessioni condussero a una certa ipotesi? Quali le assunzioni di una nuova teoria? Molte domande, poche risposte ([8] p. 3).

Negli articoli scientifici di cento anni fa le risposte a queste domande si pote-

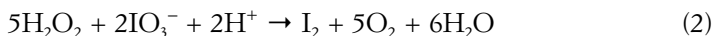
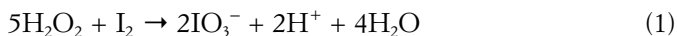
* Università di Bologna. E-mail: rinaldo.cervellati@unibo.it

vano desumere dalla loro lettura poiché la parte sperimentale, la più importante all'epoca, era descritta scrupolosamente. Anche la parte interpretativa o gli articoli esclusivamente teorici, abbastanza rari in verità, riportavano i passaggi matematici in dettaglio. Tuttavia dietro qualsiasi ricerca ci sono gli uomini e la ricerca storica non può prescindere dall'aspetto umano dell'avventura scientifica. Fonti sulla vita dei grandi scienziati possono essere facilmente reperite; non è per nulla facile invece risalire alle vicende di ricercatori meno noti ma che hanno aperto la strada a scoperte e teorie di notevole importanza. È il caso dei fenomeni chimici governati da dinamiche non lineari, che hanno avuto come apripista il chimico W.C. Bray e un chimico «anomalo», A.J. Lotka.

Questo contributo è il frutto di un'attenta lettura dei loro lavori e di una paziente ricerca sulle loro vicende umane.

Il contributo di William C. Bray

Fra le molte ricerche fisico-chimiche di William C. Bray, professore di chimica all'università di Berkeley, rivestono particolare importanza quelle sulla decomposizione catalitica del perossido di idrogeno. Attorno al 1916, insieme allo studente A.L. Caulkins, di cui era supervisore, era impegnato nello studio del doppio ruolo del perossido d'idrogeno come agente ossidante e riducente. Le reazioni che essi studiarono furono l'ossidazione dello iodio a ioni iodato e la riduzione degli ioni iodato a iodio, ovvero:



che coinvolgono entrambe la coppia redox IO_3^- , H^+/I_2 . Questa coppia fu scelta poiché i due ricercatori si aspettavano, in base a calcoli termodinamici, che essa catalizzasse la reazione di decomposizione del perossido di idrogeno:



(notare che la somma [(1) + (2)] è dieci volte la (3)).

Nell'estate del 1917, scrive Bray ([1] p. 1262):

appena prima che terminasse il lavoro con Caulkins, osservai per la prima volta uno strano fenomeno

che fu appunto il principale oggetto dell'articolo pubblicato nel 1921 [1].

A quel punto Bray osservò che:

- a) la reazione (1) era marcatamente autocatalitica e procedeva rapidamente in soluzioni contenenti iodato e a concentrazione moderatamente elevata di acido (solforico);
- b) la reazione (2) procedeva in modo relativamente lento anche nelle più favorevoli condizioni, e cioè a concentrazioni di H^+ molto basse;

c) che in tutti i casi scompariva più perossido di idrogeno di quanto ci si sarebbe aspettato in base alle equazioni (1) e (2), prova che tali reazioni dovevano essere accompagnate dalla decomposizione catalitica del perossido di idrogeno, via la reazione (3).

Il fenomeno interessante riportato da Bray fu l'osservazione che, a date concentrazioni di perossido d'idrogeno e iodato e nell'intervallo di concentrazione di H_2SO_4 compreso fra 0.055 N e 0.110 N, l'ossigeno che si sviluppa non aumenta gradualmente ma per impulsi ad andamento periodico (fig. 1).

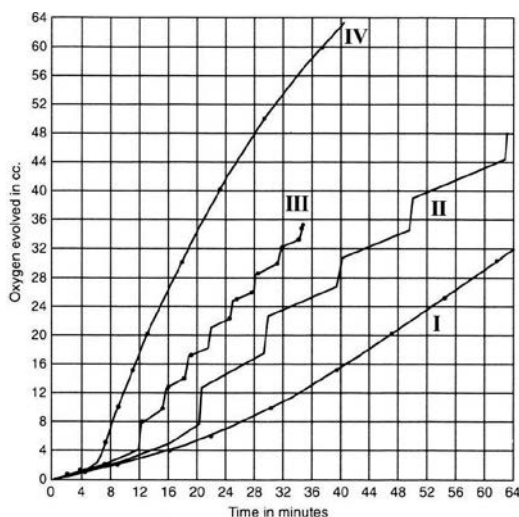


Fig. 1. Andamenti dell'ossigeno sviluppato (in mL) in funzione del tempo (minuti) [1].

Mentre la prima parte delle quattro curve mostra lo stesso andamento con basso sviluppo di O_2 , la rimanente porzione delle curve II e III presenta un nuovo fenomeno, chiamato appunto da Bray *periodicità*. Fu abbastanza facile per Bray spiegare questo comportamento in base al fatto che l'ossigeno si sviluppa solo nella reazione (2): ogni periodo è infatti costituito da una porzione relativamente piatta della curva seguita da una porzione quasi verticale. Più difficile era trovare un'interpretazione dell'alternanza fra le reazioni (1) e (2) e cosa fosse responsabile del predominare dell'una o dell'altra. Bray notò anche che durante la prima porzione (quasi piatta, sviluppo lento di ossigeno) il colore giallo dovuto allo iodio aumentava lentamente nel tempo, mentre durante la seconda porzione di ogni periodo (quasi verticale, sviluppo veloce di ossigeno) il colore giallo dovuto allo iodio diminuiva rapidamente. L'osservazione che il numero di periodi aumentava all'aumentare della concentrazione di H_2SO_4 , mentre la durata di ogni periodo diminuiva di conseguenza, condusse Bray a ipotizzare che la curva IV fosse una sequenza di moltissimi periodi a bassissima durata e che la curva I avrebbe potuto

mostrare, proseguendo l'esperimento per molto tempo, pochissimi periodi di durata lunghissima.

Tutti questi esperimenti furono condotti alla temperatura di 60°C e sotto forte agitazione per impedire la supersaturazione dell'ossigeno.

A questo punto Bray affermò di aver individuato la prima reazione periodica in fase omogenea in soluzione. Per fugare ogni dubbio sull'omogeneità del sistema, Bray effettuò un esperimento per seguire il comportamento dello iodio a temperatura più bassa (25°C). In tali condizioni l'ossigeno si sviluppa così lentamente che esso diffonde fuori dalla soluzione senza la formazione di bolle. Allo scopo di questa ricerca sono di particolare interesse le seguenti frasi di Bray ([1] pp. 1265-1266):

La possibilità di una tale periodicità è stata d'altra parte già considerata. Lotka e Hirniak hanno indipendentemente esaminato il problema [...] un definito meccanismo per una reazione ipotetica conduce a equazioni differenziali per gli intermedi di reazione e la loro analisi matematica rivela le condizioni sufficienti che rendono conto della periodicità. Nell'esempio di Lotka il carattere autocatalitico della seconda di una serie di tre reazioni successive è un aspetto essenziale del meccanismo assunto, e sembra possibile che una spiegazione del caso presente possa essere trovata seguendo queste linee.

Per concludere poi:

[infatti] la reazione (1) è marcatamente autocatalitica, tuttavia [...] fino a che non vi siano ulteriori evidenze sperimentali, l'autore preferisce non discutere possibili meccanismi.

Per ottenere ulteriore conferma del comportamento oscillante, Bray eseguì un successivo esperimento seguendo le variazioni di concentrazione nel tempo per via colorimetrica (con i colorimetri a disposizione nel 1917!) i cui risultati sono riportati nella figura 2.

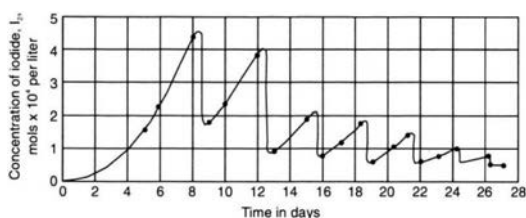


Fig. 2. Andamento della concentrazione dello I₂ (mol L⁻¹×10⁴) nel tempo (giorni) [1].

È evidente l'andamento oscillante della concentrazione dello iodio, *che fu seguita per circa 28 giorni!*

Consapevole di possibili interferenze da parte della luce diffusa nel laboratorio, Bray ripeté gli esperimenti oscurando le apparecchiature e anche sostituendo l'H₂SO₄ con HCl. Ottenne risultati analoghi seppur leggermente diversi nelle ampiezze e nei periodi di oscillazione.

Verosimilmente il ritardo nella pubblicazione di questi risultati fu dovuto all'entrata in guerra degli USA. Bray fu impegnato in questo periodo nella ricerca di efficaci assorbitori per le maschere militari antigas, e tornò all'università nel 1920.

Il lavoro di Bray, pubblicato sulla prestigiosa rivista *Journal of the American Chemical Society*, fu accolto con generale indifferenza. Molti sostennero l'ipotesi che, in qualche modo, o per la presenza di polvere o per altre cause, il sistema di Bray fosse in effetti da considerarsi eterogeneo (oscillazioni erano state osservate fin dal 1903 in sistemi eterogenei).

Insomma, l'impossibilità di fenomeni periodici in reazioni omogenee in soluzione era sostenuta da argomenti a carattere «empirico» piuttosto che termodinamico (come avvenne nel caso della reazione di Belousov [2]).

Bray riprese il lavoro sul suo sistema attorno al 1927, insieme a Herman A. Liebhafsky: lo scopo era quello di investigare la cinetica di sottosistemi e di individuare possibili intermedi in grado di far passare periodicamente l'intero sistema dalla predominanza della reazione (1) a quella della reazione (2). Bray era ben consapevole che le due reazioni dovevano avvenire attraverso una sequenza di stadi e i tentativi andarono proprio nella direzione di individuare questi stadi. Fra il 1931 e il 1933 Bray e Liebhafsky pubblicarono una serie di otto articoli sulla cinetica di sottosistemi delle reazioni (1) e (2): il risultato più importante fu il riconoscimento che gli ioni I⁻ e le specie ossiiduro dovevano giocare un ruolo importante nel meccanismo di reazione. Non fu tuttavia possibile individuare un meccanismo che rendesse conto delle oscillazioni nell'intero sistema.

Nel 1951 Peard e Cullis [9] pubblicarono un articolo in cui si ammetteva che le oscillazioni nel sistema di Bray avevano effettivamente luogo, ma ascrissero il fenomeno al trascinarsi di iodio da parte dell'ossigeno sviluppantesi; tentarono di mostrare anche che il volume finale di gas era più grande di quello dell'ossigeno che si sarebbe ottenuto dalla decomposizione del perossido d'idrogeno. Sharma e Noyes [11] fecero però notare che Peard e Cullis non avevano tenuto conto del fatto che l'ossigeno sviluppato contiene anche vapor d'acqua.

Liebhafsky e il suo gruppo ripresero le ricerche sulla reazione di Bray (oggi nota come reazione di Bray-Liebhafsky) nel 1969, dopo che Ilya Prigogine e collaboratori, nell'ambito dello sviluppo della termodinamica dei processi irreversibili, stabilirono che, in sistemi omogenei lontani dall'equilibrio, le «oscillazioni chimiche» sono possibili non contraddicendo il II principio della termodinamica [10].

Il meccanismo della reazione di Bray-Liebhafsky è stato elucidato in dettaglio da Sharma e Noyes nel 1976 [11]. Tuttavia il sistema di Bray-Liebhafsky continua a essere oggetto di ricerche volte a identificare intermedi radicalici finora solo ipotizzati o evidenziati per vie indirette.

Il contributo di Alfred J. Lotka

Chi era il Lotka citato da Bray? Era un chimico anche lui! È il titolo molto indovinato di un post di Giorgio Nebbia sul blog della Società Chimica Italiana

[7]. Sebbene Alfred J. Lotka sia noto quasi esclusivamente come fondatore della demografia matematica e per i suoi studi che spaziano dall'epidemiologia alla bibliometria, la sua formazione chimica traspare anche dall'*incipit* di molti suoi articoli, contenente i nomi di famosi chimici come Ostwald, Boltzmann e altri. Qui ovviamente ci interesseremo del Lotka chimico, anche se sarà difficile separare questo aspetto dal suo interesse principale, la biologia matematica.

Lotka ricevette un'educazione internazionale frequentando scuole in Francia, Inghilterra e Germania. Nel 1898 si iscrisse all'Università di Birmingham (UK) dove studiò chimica, ottenendo il Bachelor of Science nel 1901. L'interesse di Lotka per la fisico-chimica lo condusse a passare un anno post-diploma nel laboratorio di Wilhelm Ostwald a Lipsia. Qui perfezionò l'approccio termodinamico e cinetico alle reazioni chimiche di cui Ostwald fu uno dei pionieri¹. Durante questo periodo iniziò a interessarsi di teoria matematica dell'evoluzione che diventerà il suo principale campo di ricerca.

Nel 1902 si trasferì negli Stati Uniti dove ottenne un posto di assistente chimico in un'industria privata, la General Chemical Company.

Nel 1909 ricevette il titolo di Master of Arts in fisica alla Cornell University, fece l'esaminatore di richieste brevetti presso l'US Patent Office, poi dal 1909 al 1911 fu assistente fisico al National Bureau of Standards. Nel 1912 ottenne il titolo di Doctor of Sciences dalla Birmingham University. Non riuscì però a trovare un posto accademico.

Nel 1910 pubblicò in inglese e in tedesco un primo articolo su uno schema di tre reazioni consecutive che conduce ad andamenti periodici (smorzati) nelle oscillazioni degli intermedi [4]. Lo schema è il seguente:



Dove a denota un vapor saturo o una soluzione in contatto con la sua fase condensata, C è un prodotto e A e B sono gli intermedi. Il punto focale del modello è l'assunzione che il secondo step è autocatalitico per l'intermedio B ed è questa assunzione che conduce, sotto certe condizioni, alla variazione periodica di concentrazione, come risulta dalla risoluzione delle conseguenti equazioni differenziali:

¹ Wilhelm Ostwald (1853-1932) famosissimo chimico, uno dei fondatori della *Physical Chemistry*, Premio Nobel per la Chimica 1909 è noto anche per la sua opposizione alla realtà degli atomi e delle molecole (che considerava solo un utile artificio didattico) a favore di una visione energetista secondo la quale l'energia è la base fondamentale di tutta la materia. Tuttavia nel 1909 Ostwald riconobbe la realtà di atomi e molecole in base agli esperimenti sul moto browniano di J. Perrin.

$$dC_A/dt = b - C_A C_B$$

$$dC_B/dt = (C_A - K)C_B$$

dove b e K sono costanti legate alle costanti di velocità e C_A e C_B sono le concentrazioni di A e di B. Le soluzioni sono graficate in figura 3.

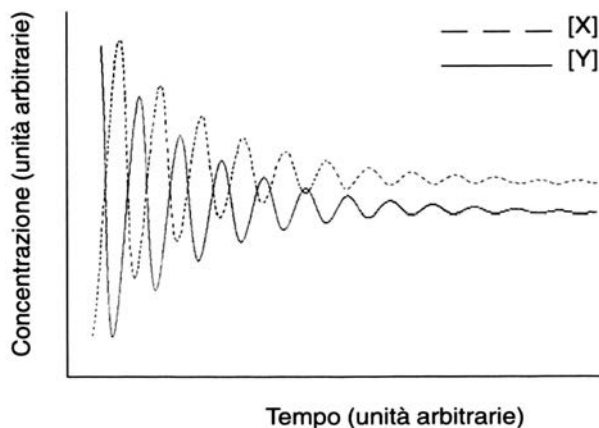


Fig. 3. Oscillazioni smorzate nelle concentrazioni degli intermedi X e Y calcolate risolvendo le equazioni di Lotka. È stato fatto un cambiamento di variabili per cui, grosso modo, $X \equiv A$ e $Y \equiv B$.

Lotka è consapevole che al momento nessuna reazione chimica segue il suo modello, infatti scrive ([4] p. 274):

Non è nota alcuna reazione che segua la legge sopra riportata, infatti il caso qui considerato è stato suggerito considerando questioni che sono al di fuori del campo della chimica fisica. Sembra interessante, tuttavia, anche da un punto di vista puramente chimico, notare che in un sistema in cui le reazioni consecutive avvengono in presenza di uno step [prodotto di decomposizione] autocatalitico, si realizzino le condizioni necessarie per il verificarsi di un processo «periodico»².

Quali sono le questioni al di fuori del campo della physical chemistry? Lotka lo spiega in una nota a piè di pagina ([4] p. 274):

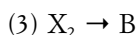
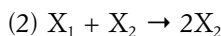
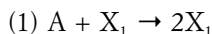
La crescita della materia vivente è ovviamente autocatalitica almeno nella forma. È stato dimostrato [...] che la crescita dell'uomo e di altri organismi può essere rappresentata con buona approssimazione come la risultante di due componenti, ciascuna seguente la stessa equazione di una reazione [chimica] monomolecolare reversibile.

² Oggi sappiamo che l'autocatalisi è condizione necessaria ma non sufficiente affinché un sistema chimico reale mostri comportamenti oscillanti. Il sistema deve anche essere lontano dall'equilibrio ed esistere in due stati stazionari quasi stabili, inoltre la crescita autocatalitica di un intermedio deve essere limitata da uno stadio auto inibitorio.

È evidente quindi l'interesse particolare di Lotka per la biologia alla quale continua ad applicare metodi mutuati dalla chimica fisica e dalla matematica.

Nello stesso anno 1910 il chimico ucraino Julius Hirniak rivendicò la priorità dell'ipotesi di reazioni chimiche con andamento periodico [3], citando un suo precedente lavoro del 1908 pubblicato in lingua rutenica³ nella Sevcenko Gesellschaft der Wissenschaften (Lemberg).

Nel 1920, Lotka pubblicò un secondo schema di reazioni consecutive, dove il primo e il secondo stadio sono auto catalitici [6]:



Le corrispondenti equazioni differenziali per gli intermedi X_1 e X_2 sono:

$$dX_1/dt = k_1X_1 - kX_1X_2$$

$$dX_2/dt = k_2X_1X_2 - k_3X_2$$

dove k_1 , k_2 e k_3 sono costanti di velocità. Nel caso più generale che oltre a X_1 si formi un'altra sostanza sconosciuta, si pone e $k \neq k_2$. Nell'articolo Lotka riporta uno studio matematico qualitativo di queste equazioni differenziali: ragiona infatti sulle curve delle equazioni nello spazio delle fasi (X_1 , X_2), costruendole per punti. Egli individua la natura dei punti di equilibrio, in questo caso un «centro di oscillazione» e un punto di sella, che corrisponde a un equilibrio instabile. Senza alcun calcolo delle soluzioni costruì il diagramma riportato in figura 4:

Lotka associa quindi una curva chiusa con una oscillazione continua nello stesso modo concepito dai matematici di fine 800. Questo è un esempio del fatto che tale parallelo è sufficiente (almeno inizialmente) alla teoria delle oscillazioni non lineari.

La risoluzione numerica delle equazioni differenziali conduce ad andamenti oscillanti continui delle concentrazioni degli intermedi nel tempo, come mostrato in figura 5.

Anche per questo modello non sono note reazioni chimiche che lo seguano, tuttavia è a esso che fa riferimento Bray nella citazione [1] pp. 1265-1266.

Nello stesso anno Lotka pubblicò un approccio matematico generalizzato per il trattamento cinetico delle reazioni chimiche [5], che è verosimilmente il suo ultimo lavoro a carattere prettamente chimico. Infatti attorno al 1920 R. Pearl, professore di biometria e statistica demografica, gli conferì uno status di «associato» nella Johns Hopkins University di Baltimora.

³ Lingua ruteniana: variante della lingua slava orientale parlata nel granducato di Lituania, diede origine al bielorusso e all'ucraino moderno. Fino al 1700 la lingua ufficiale del granducato non fu il lituano, ma il ruteniano.

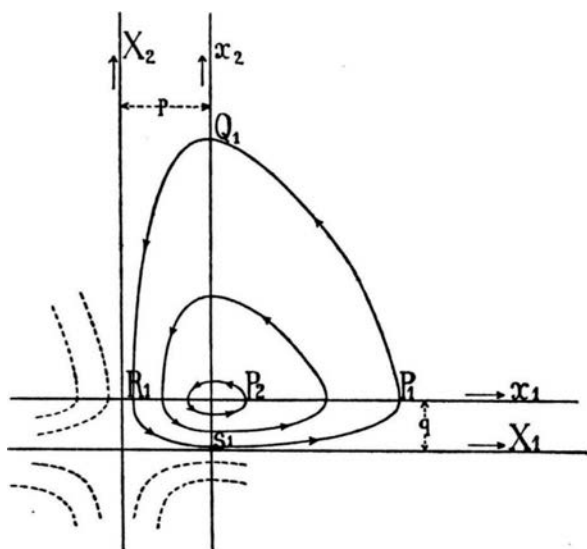


Fig. 4. Diagramma che mostra il carattere generale delle curve integrali dell'equazione dX_2/dX_1 . Nel quadrante positivo di (X_1, X_2) sono curve chiuse, contenute interamente entro questo quadrante e intersecanti gli assi di (x_1, x_2) ortogonalmente. Vicino all'origine di (x_1, x_2) le curve sono praticamente ellittiche [6].

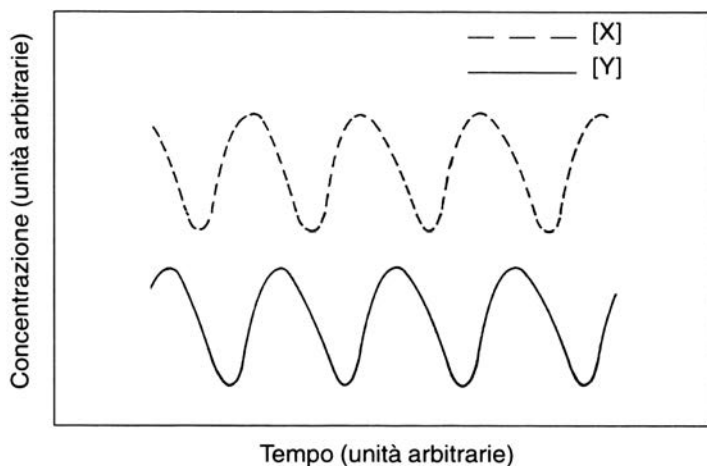


Fig. 5. Andamento oscillante periodico non smorzato delle concentrazioni degli intermedi $X \equiv X_1$ e $Y \equiv X_2$ nel secondo modello di Lotka.

Dal 1922 al 1924 realizzò e pubblicò diverse ricerche e finì il suo libro *Elements of Physical Biology*. In questo libro, fra l'altro, Lotka applica il suo modello cinetico del 1920 a problemi di epidemiologia e parassitologia e prevede l'evoluzione ciclica di un sistema biologico costituito da due specie, una parassita e l'altra ospite. Nel 1926 allo stesso sistema di equazioni giunse indipendentemente il famoso matematico italiano Vito Volterra che insieme al futuro genero Umberto D'Ancona ne ottenne la verifica sperimentale interpretando il comportamento di due specie ittiche, una predatrice e l'altra preda, presenti nel mar Mediterraneo. Per questo il modello preda-predatore è noto anche come modello di Lotka-Volterra.

Conclusioni

I successivi sviluppi della ricerca sui sistemi chimici oscillanti si sono sempre ispirati sia dal punto di vista sperimentale (individuazione degli intermedi, degli stadi elementari o considerati tali e determinazione delle costanti cinetiche) sia da quello teorico (costruzione di meccanismi, modelli Brussellator, Oregonator, ecc.) ai lavori di W.C. Bray e A.J. Lotka.

Biografia essenziale di William C. Bray

- Nasce a Wingham, Ontario, Canada, il 2 settembre 1879.
- Nel 1898 si iscrive all'Università di Toronto dove nel 1902 ottiene il B.Sc. con lode.
- Nel 1903, durante gli studi per il dottorato, pubblica il suo primo lavoro, una ricerca in cinetica che sarà poi il prevalente campo di ricerca di tutta la sua vita scientifica.
- Ottiene il dottorato in chimica nel 1905.
- Dal 1905 al 1912 è al MIT. Il contributo più importante è il Sistema di Analisi Qualitativa, che razionalizza tutto l'empirismo dell'analisi qualitativa in base alla legge dell'azione di massa e alla teoria della dissociazione elettrolitica.
- Nel 1912 va all'University of California at Berkeley da G.N. Lewis. Oltre all'attività di ricerca sviluppa metodi innovativi per l'insegnamento della chimica.
- Nel 1913 insieme a G.E.K. Branch pubblica l'articolo: Valence and Tautomerism.
- Nel 1916 diventa professore associato e infine, nel 1918, professore ordinario a Berkeley.
- Nel 1920 compie le ricerche sulla decomposizione del perossido di idrogeno catalizzata dalle coppie alogeno-alato (iodio-iodato).
- Dal 1920 al 1946, anno della morte, compie numerose importanti ricerche.
- 1943-1945: direttore del Department of Chemistry della California University a Berkeley
- Muore colpito da infarto il 26 febbraio 1946 a Berkeley.

Biografia essenziale di Alfred J. Lotka

- Nasce a Leopoli il 2 marzo 1880.
- Nel 1898 si iscrive all'Università di Birmingham (UK) dove studia chimica, ottenendo il B.Sc. nel 1901.
- 1901-1902: va Lipsia nel laboratorio di Wilhelm Ostwald affinando l'approccio termodinamico e cinetico alle reazioni chimiche di cui Ostwald fu uno dei pionieri. Durante questo periodo inizia a interessarsi di teoria matematica dell'evoluzione.

- 1902-1908: si sposta negli Stati Uniti, dove ottiene un posto di assistente chimico alla General Chemical Company. Nel frattempo continua a studiare problemi di comportamento delle popolazioni e di statistica demografica.
- Nel 1909 ottiene il titolo di M.A. (Master of Arts) in fisica dalla Cornell University.
- Dal 1909 al 1911 è assistente fisico al National Bureau of Standards.
- Nel 1910 pubblica il primo contributo sulle reazioni periodiche.
- Nel 1912 ottiene il titolo di D.Sc. (Doctor of Sciences) dalla Birmingham University
- Nel 1914 torna alla General Chemical Company, dove resta fino al 1919.
- Nel 1920 pubblica un secondo contributo sulle reazioni periodiche.
- 1925: pubblica il libro *Elements of Physical Biology* (Baltimora, 1925).
- Dal 1924 fino al 1948 lavora per la Metropolitan Life Insurance Company (New York City).
- Muore a Red Bank (New Jersey) il 5 dicembre 1949.

Ringraziamenti

Per la biografia di William Bray mi sono servito della memoria biografica di J. H. Hildebrand: «William Crowell Bray 1879-1946», National Academy of Sciences, Washington D.C., 1951. Un particolare ringraziamento va alla mia collaboratrice, Dott. Emanuela Greco.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bray, W.C., 1921. A Periodic Reaction in Homogeneous Solution and its Relation to Catalysis, *Journal of the American Chemical Society*, 43, 1262-1267.
- [2] Cervellati, R., 1999. Preistoria e storia delle reazioni chimiche oscillanti, *La Chimica nella Scuola*, 21, 40-46.
- [3] Hirniak, J., 1910. Zur Frage der periodischen Reaktionen, *Zeitschrift fur Physikalische Chemie*, 75, 675-680.
- [4] Lotka, A.J., 1910a. Contribution to the theory of periodic reactions, *Journal of Physical Chemistry*, 14, 271-274; 1910b. Zur Theorie der Periodischen Reaktionen, *Zeitschrift fur Physikalische Chemie*, 72, 508-511.
- [5] Lotka, A.J., 1920. Contribution to the General Kinetics of Material Transformation, *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 55, 137-153.
- [6] Lotka, A.J., 1920. Undamped Oscillations Derived from the Law of Mass Action, *Journal of the American Chemical Society*, 42, 1595-1599.
- [7] Nebbia, G., 2014. Era un chimico anche lui!, <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2014/06/10/era-un-chimico-anche-lui/>
- [8] Pacault, A. and Perraud, J.J., 1997. *Rythmes et Formes en Chimie*, Presses Universitaires de France, Paris.
- [9] Peard, M.G. and Cullis, C.F., 1951. A periodic chemical reaction. The reaction between hydrogen peroxide and iodic acid, *Transactions of the Faraday Society*, 47, 616-630.
- [10] Prigogine, I. 1961. *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes (2^d Ed.)*, New York: Interscience.
- [11] Sharma, K.R. and Noyes, R.M., 1976. Oscillations in Chemical Systems. 13. A Detailed Molecular Mechanism for the Bray-Liebafsky Reaction of Iodate and Hydrogen Peroxide, *Journal of the American Chemical Society*, 98, 4345-4361.

Scienza, filosofia e lettere

ANNIBALE MOTTANA*

Sintesi storica della Spettroscopia d'Assorbimento dei raggi X in Chimica e nelle Scienze Parallele

Historical synthesis of X-Ray Absorption Spectroscopy in the Chemical and Related Sciences

Abstract – The purposes of this essay are to describe shortly the early history of X-ray Absorption Spectroscopy (XAS) and to appraise it in its historical context within the epistemological framework of Techno-science, the theory introduced first by G. Bachelard (1953). XAS measures the X-ray sharp *K*-, *L*-, and *M*-series major absorption discontinuities and extracts from them qualitative and, later, quantitative information on the elemental constitution of materials by detecting and interpreting the fine structures recorded next to them i.e., the absorption edges. The K.M. Siegbahn's group at Lund, Sweden, made best advances. W. Stenström (1918), first, perfected Siegbahn's detection of the *M*-series lines of heavy atoms by recording their fine structures. Then, H. Fricke (1920) quantified and displayed graphically the fine structures occurring at the *K*-edges of Mg, Cr and Fe. Finally, J. Bergengren (1920) and A.E. Lindh (1921) noticed the structural and chemical dependence of the absorption edge values. Thus, in the early '20s, there was evidence enough not only for the first general theory of «fine structure» (W. Kossel, 1920), but also for understanding the formation of the linkage between atoms (W. Kossel & A. Sommerfeld, 1919). On one hand, physicists like N. Bohr & D. Coster (1923) completed numerically, using edge absorption values complementary to the emission line values, the electron *Aufbau* of atoms from U to Mg. On the other hand, a chemist like L. Pauling could put forth his classical work about the chemical bond (1929). By the early '30s, scientists had discovered all major properties and dependences of XAS spectra. They also detected the existence of a «secondary structure» at energies far above that of the absorption edge (D. Coster, 1924). R. Kronig tried a theoretical approach (1931) to reproduce experimental such XAS data through calculations, but failed, and yet the path was open to further discoveries and to the major change of paradigm imposed by the use of a new, powerful the X-ray source i.e., synchrotron radiation. After 1975, upgrade of EXAFS and XANES would transform XAS into present-day XAFS (X-ray Absorption Fine Spectroscopy).

Key words: X-rays; absorption edge; XANES; EXAFS; discharge tubes; spectrometers; electron shells; valence; coordination; Kossel structure; Kronig structure; history of science

* Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, via Lazzaro Spallanzani, 7 – Roma.
E.mail: annibale.mottana@uniroma3.it

Riassunto – La spettroscopia d'assorbimento dei raggi X (XAS), dopo i primi spettri sicuri in cui compare una «struttura fine» presso la soglia raccolti a Lund col metodo fotografico da W. Stenström (1919) e H. Fricke (1920), divenne una pratica d'uso non solo per i fisici, ma anche per i chimici e, più in generale, per gli studiosi di materiali solidi inorganici e organici. Lo sviluppo, in ciascuno di questi settori, avvenne per stadi, che possono essere riassunti come segue: 1) osservazione sperimentale che la soglia d'assorbimento tipica di un atomo si sposta in energia in funzione della sua valenza e del tipo di legame dell'atomo stesso nel composto studiato (J. Bergengren, 1920); 2) sviluppo di una teoria idonea a spiegare questa osservazione (W. Kossel, 1920); 3) osservazione dell'esistenza di ulteriori strutture più deboli (oscillazioni) situate a lunga distanza dalla soglia (D. Coster, 1924); 4) sviluppo di una teoria idonea a spiegare queste strutture (R. Kronig, 1931). La ricerca sperimentale continuò per oltre trent'anni a crescere e svilupparsi utilizzando fonti di raggi X convenzionali (XAS), ma cambiò bruscamente nel metodo e nella qualità dei risultati nel 1975, quando si iniziarono a raccogliere i primi spettri avendo come sorgente la radiazione di sincrotrone (XAFS). Lo sviluppo della XAS e della sua derivata XAFS costituiscono ottimi esempi a supporto dell'epistemologia della «tecnica-scienza» di G. Bachelard (1953).

Introduzione

Questo contributo si inserisce in una serie di ricerche sullo sviluppo storico della Spettroscopia d'Assorbimento dei raggi X (XAS) concepite a integrazione dell'ormai datata cronaca di R. Stumm von Bordwehr (1989). Due note sull'argomento sono già apparse (Mottana, 2014; Mottana & Marcelli, 2015) ed è a esse che qui si rimanda. Questa nota riguarda una fase intermedia dello sviluppo della XAS, durante la quale il suo contributo alla Chimica diventa predominante rispetto a quello che essa prima aveva apportato alla Fisica: in termini temporali, il periodo dal 1920 al 1935. Muta sensibilmente, invece, rispetto alle note precedenti, l'ap-proccio epistemologico: la XAS è interpretata e trattata sotto l'aspetto di una «tecnoscienza» (Bachelard, 1953), ossia di una scienza che per avere un ulteriore sviluppo teorico dopo i suoi primi spunti concettuali deve poter contare, anzitutto, su miglioramenti tecnologico-strumentali che sono tipici degli ingegneri più che degli scienziati. Inoltre, qui si vuol mostrare come, dopo un periodo di oltre due decenni durante il quale i raggi X furono fondamentali per la ricerca dei medici (Radiologia) e dei fisici (XRD = Diffrazione dei raggi X; XRF = fluorescenza dei raggi X: cfr. Mottana, 2014), furono altri scienziati (chimici, mineralisti, biologi ossia gli studiosi dei materiali, naturali e artificiali, di qualunque tipo) a farne uso e a saperlo fare in un modo innovativo, portando così la ricerca sullo stato solido, sia pura sia applicata, tanto su oggetti vivi e vitali quanto su materiali inanimati, all'attuale livello di grande successo tecno-scientifico che la rende una delle massime fonti dello sviluppo economico del mondo in cui viviamo.

La Spettroscopia d'assorbimento dei raggi X nella Chimica

Nel 1923 cessa, praticamente, l'interesse dei fisici per lo sviluppo dei raggi X, sia in emissione sia in assorbimento. È questo l'anno, infatti, in cui due fisici, Niels Bohr e Dirk Coster, pubblicano due tavole in cui erano quantizzate tutte le sequenze di riempimento dei livelli e dei sottolivelli che formano l'*Aufbau* degli elementi da Mg a U. Nel 1924, quindi, il fisico Manne Siegbahn, su cui iniziativa e nel cui laboratorio di Lund (Svezia) era stato svolto gran parte del lavoro sperimentale definitivo, fu insignito del premio Nobel.

Durante gli esperimenti erano, però, emerse anomalie che disturbavano il lavoro dei fisici (e che, pertanto, erano state da loro messe da parte, destinandone la risoluzione a tempi successivi). Una volta comprese, esse contribuirono a fare della XAS un utile metodo complementare (e qualche volta essenziale) per le ricerche di Chimica. Nel prosieguo non furono fisici coloro che contribuirono a definire il progresso, ma chimici e altri studiosi di scienza dei materiali, tutti intenzionati a ottenere dalla nuova – per loro – metodologia XAS i migliori risultati possibili su problemi di loro interesse. La Scienza non ha confini né ripartizioni interne, se non artificiali o nominalistiche, e così accade anche con la XAS, che può progredire solo se si adegua ai principi della «tecnoscienza» (vedi sopra).

Nel 1920 Johannes Bergengren, uno studente di Fisica a Lund che utilizzava gli stessi strumenti che erano stati affidati da Siegbahn a Wilhem Stenström (1918) e a Hugo Fricke (1920) per misurare le soglie di assorbimento necessarie a definire l'*Aufbau*, fece una scoperta che avrebbe avuto in seguito un enorme sviluppo proprio in ambito chimico e che tuttora rappresenta uno dei maggiori contributi che la XAS offre alla ricerca chimica sulle sostanze, quale che sia il loro stato di aggregazione¹. Sperimentando su composti del fosforo, Bergengren arrivò a una conclusione che non figura nel testo tedesco con cui pubblicò nel modo più esteso i suoi risultati (Bergengren, 1920a) e che anche in quello francese è esposta in un modo talmente cauto da poter passare inosservata (Bergengren, 1920b p. 626):

¹ Purtroppo di Bergengren si sa poco o nulla. Pubblicò due lavori in tutto, che sono in realtà uno solo: il secondo è la breve traduzione in francese del primo, in tedesco, che è breve anch'esso ma più ampio (Bergengren, 1920a). Nessuno dei due contiene fotogrammi che possano essere ora esaminati per un controllo. Poi Bergengren scomparve: non si sa per quale ragione Siegbahn non lo tenne con sé né lo assegnò ad altri progetti, ma se ne può avere un'idea da un brevissimo riferimento contenuto nel trattato da lui pubblicato pochi anni dopo (Siegbahn, 1924 p. 137): egli considerava il lavoro del giovane una «*wenig umfassenden Untersuchung*» (= una ricerca incompleta, di poca ampiezza). Siegbahn, allontanato Bergengren, affidò a Lindh un problema sperimentale analogo, pur se su un altro elemento. Nella seconda edizione del suo manuale (1931 pp. 263-264) Siegbahn tornò sull'argomento: riconosce la priorità («*zum ersten Male*») di Bergengren, ma conferma il poco respiro della sua ricerca e ne contesta l'interpretazione: non si tratterebbe di un effetto della modificazione strutturale, ma piuttosto del cambiamento di valenza del P nel composto chimico usato.

Je crois que c'est la première fois que l'état chimique d'un élément a été trouvé avoir une influence sur son spectre de rayons X. *Dans le cas du phosphore, il semble même que l'allotropie joue un plus grand rôle que ne le font les combinaisons chimiques*².

Mi spiego meglio: egli aveva esaminato due forme allotropiche di fosforo (nero e violetto) e riscontrato che avevano la soglia K alla stessa lunghezza d'onda, ma con annerimenti diversi verso i valori di lunghezza d'onda minori. Ne traeva la giusta conclusione: la XAS riusciva a evidenziare la differenza strutturale tra le due forme allotropiche. Confrontando poi la posizione della soglia dell'elemento (misurata sul P nero) con quella di due fosfati (acido fosforico, P_2O_5 , e fosfato di ammonio, NH_4PO_4), egli notava uno spostamento che, espresso come lunghezza d'onda, era pari a $0,017 \text{ \AA}$ (c. 8 eV in energia) verso lunghezze d'onda minori (energia maggiore, quindi) per il P ionizzato. Nel testo tedesco, il più esteso, Bergengren (1920a) fa notare, inoltre, che è una stranezza che un atomo P^0 allo stato fondamentale assorba a lunghezza d'onda minore dello ione P^{3+} . La sua interpretazione era che nel fenomeno dell'assorbimento fossero coinvolti anche gli elettroni di valenza.

Al sunto che Bergengren pubblicò in francese Maurice de Broglie fece seguire un suo commento (de Broglie & Dauvillier, 1920) in cui rivendicava di aver osservato varie volte il fenomeno descritto, senza però averlo pubblicato. La seconda conferma della rivelabilità dell'allotropia tramite XAS la diede lo stesso Siegbahn, pubblicando i valori d'assorbimento dello zolfo monoclinico e di quello ortorombico misurati da Elis Hjalmar nel 1921 (Siegbahn, 1924 p. 142 Tabella 26): la differenza è minima (0,4), ma esiste. A Bergengren, inoltre, spetta il merito di avere per primo messo in evidenza che tramite XAS si può osservare la ionizzazione di un atomo, cioè determinarne la valenza. Definire quantitativamente tramite XAS la speciazione di un elemento chimico è, al momento, uno dei più importanti procedimenti su cui si basa la Geochimica ambientale!

La teoria di Walther Kossel (già nota dal 1916 e presentata il 25 dicembre 1919 nella sua forma finale, per essere poi pubblicata nel 1920) interpretava la differenza di spettro tra due forme allotropiche dello stesso elemento come dovuta a una differente riempimento elettronico degli strati interni dell'atomo, da cui hanno origine i raggi X. La teoria (che tiene conto delle idee quantistiche di Planck e dei fotoni di Einstein) prevedeva che un fotone X è prodotto dalla transizione elettronica di un elettrone prossimo al nucleo portato a un livello orbitale vuoto (o anche all'infinito, per la riga K), con successiva ricaduta a cascata di elettroni dall'esterno verso l'interno per riportare l'atomo allo stato fondamentale (e conseguente emissione di energia, che portano all'emissione di righe L e M). Kossel prevedeva anche "extra-linee" dovute al fatto che certi elettroni non vanno all'infinito durante una transizione K , ma si fermano su livelli esterni non occupati. Un trattamento più

² Il corsivo è mio.

completo e una migliore dimostrazione della regola si deve ad Arnold Sommerfeld (1920), ma in nessun caso la teoria originaria prevede spostamenti della soglia di un elemento dovuti al diverso stato di valenza dei suoi ioni. Un simile caso non era stato mai preso in considerazione e quel fondamentale problema era rimasto sconosciuto fino alla sua scoperta da parte di Bergengren!

L'anno dopo Axel E. Lindh, altro studente di Siegbahn, riprendeva gli esperimenti su questo argomento, operando però sul cloro (1921). Egli verificò che esiste davvero una piccola differenza energetica tra la soglia del Cl gassoso (Cl^0) e quella di un qualunque cloruro (Cl^{-1}) e che questa differenza aumenta fortemente per un clorato ($\text{Cl}^{-5} = 4,5 \text{ eV}$) e un perclorato ($\text{Cl}^{-7} = 7,0 \text{ eV}$). Ribadì esplicitamente, quindi, che esiste uno «*Einfluß der chemischen Verbindung*» (Lindh, 1921 p. 33).

Dopo di ciò, il ritrovamento di questo effetto chimico diventerà diffusissimo, cosicché due anni dopo Gregor Wentzel (1922), sempre facendo riferimento alla teoria di Kossel (1920), poteva sostenere che le differenze di occupazione elettronica si verificano anche al livello degli strati di valenza che sono i più esterni dell'atomo. Il suo ragionamento chimico è molto semplice e diretto: legandosi, Cl^{-1} raggiunge l'ottetto nello strato M , mentre Cl^{-7} non possiede strato M e lo raggiunge nello strato L ; da qui le sensibili differenze d'energia riscontrate (Wentzel, 1922 p. 465).

Seguirono molte misure di soglia eseguite sui composti più vari, spesso con risultati discordanti tra loro, che però sono in parte da attribuire a problemi sperimentali, quando non a differenze intrinseche nello strumento usato. Di fatto, il «*chemical effect*» era ribadito da tutti, sempre che lo spettrometro utilizzato avesse una sufficiente sensibilità. Si apriva, invece, il problema delle «extra-linee», che in parte risultarono essere contaminazioni o artefatti, ma in alcuni casi erano effettive e connesse con il tipo di composto esaminato. Per esempio, nel 1921 Hjalmar, il già citato studente di Lund, aveva misurato lo spettro del S^{2-} (solfo) e dello S^{6+} (solfato) riscontrando differenze che furono confermate da Lindh. Hjalmar le spiegò con una contaminazione del campione di solfo usato con i suoi prodotti d'ossidazione mentre, viceversa, Katherine Chamberlain (1925) le spiegò con una riduzione dovuta all'energia indotta dai raggi X sull'atomo S del solfato. Di questo fenomeno Lindh dà una terza e diversa spiegazione (1925 p. 218): allo stato elementare, S ha una molecola complicatissima, più di quanto non avvenga nei suoi legami come solfo, ed è perciò ovvio che la sua soglia in questi ultimi sia a lunghezza d'onda maggiore. Sarebbe cioè un effetto dovuto a ragioni strutturali. Gli stessi lavori di Lindh sul Cl subirono una verifica molto estesa, anche se si dimostrarono corretti. Otto Stelling (1928), per esempio, dimostrò, tramite lo studio di moltissimi composti chimici artificiali, che le soglie d'assorbimento variano per moltissime ragioni e, per i composti di Cl in particolare, anche quando a parità di struttura c'è o non c'è acqua di cristallizzazione.

La dimostrazione finale che esiste davvero un "effetto strutturale" si deve a Richard Glocker (1932), che la maggior parte del suo lavoro porterebbe a classificare un bio-cristallografo, anche se il suo maggiore e più duraturo contributo alla

tecnoscienza è un manuale sull'uso dei raggi X in metallografia. Analizzando una serie di solfuri, egli osservò che la lunghezza d'onda della linea K dello ione S^{2-} si sposta linearmente e in misura diversa a seconda del numero di coordinazione del catione con cui si lega, cioè a dire dipende dal tipo di struttura nel suo complesso, che appunto è quella che è determinata tramite XRD (Fig. 1).

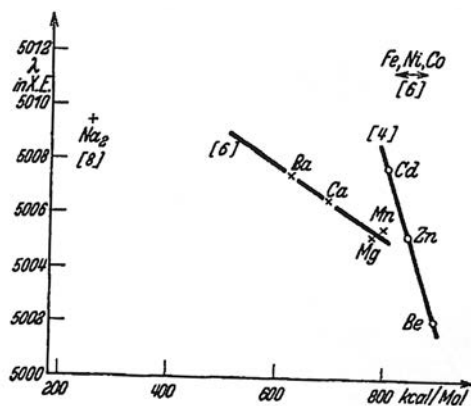


Fig. 1. Kantenwellenlänge für S^{2-}

- + = CaF_2 -Typus (Ionengitter).
- × = $NaCl$ -Typus (Ionengitter).
- o = ZnS -Typus (Übergangstypus zu homöopolarer Bindung).
- ←→ = $NiAs$ -Typus (Übergang zu metallischer Bindung).
- [] = Koordinationszahl.

Fig. 1. Effetto strutturale (da R. Glocker, 1932 p. 537 Fig. 1): l'energia d'assorbimento della soglia K dello zolfo cambia col cambiare del poliedro di coordinazione del catione coordinato, pur rimanendo costante la valenza dell'anione S^{2-} .

Fu, quindi, facendo tesoro di varie esperienze tanto positive quanto negative accumulate in vari anni da molti autori che J. Donald Hanawalt (1928) poté spiegare una strana struttura fine osservata alla soglia L_{III} del Pd nel Pd_2H : si trattava di un effetto combinato della presenza nel composto dei due ioni Pd^{2+} e Pd^{4+} coordinati entrambi dall'idrogeno. Si comprende facilmente ora come, generalizzando questi risultati, Linus Pauling (1929) abbia potuto generalizzare l'idea che il «*chemical shift*» (Fig. 2) è dovuto all'effetto di schermatura indotto sul catione che assorbe i raggi X da parte degli anioni che gli stanno intorno. In quello stesso anno Pauling pubblicava «*The nature of the chemical bond*», in cui, come configurazione dell'ottetto, rigetta l'ipotesi poliedrica di N. L. Lewis e accetta quella quasi-sferica di Kossel e Sommerfeld. Il libro è un classico della letteratura chimica che ha influito su tutto lo sviluppo teorico dei composti per decenni e che continua ancora a influire. Nello sviluppo della Chimica moderna, dunque, è fondamentale il contri-

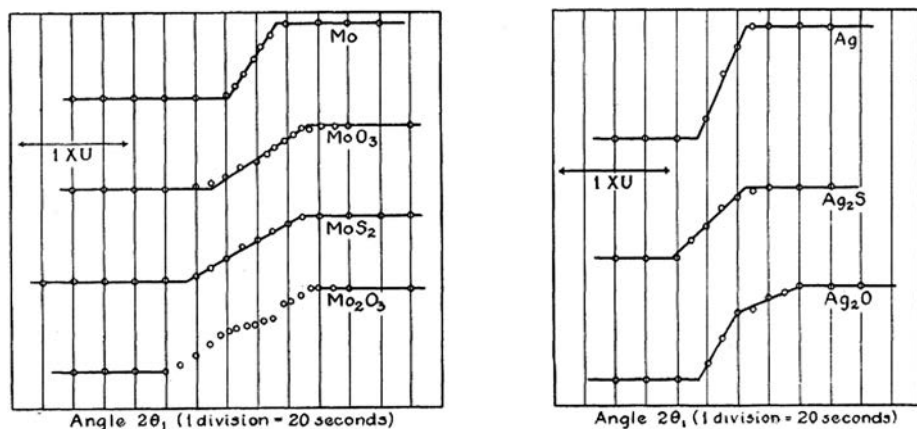


Fig. 2. Effetto chimico (da B. Davis & H. Purks, 1927, p. 419): l'angolo di massimo assorbimento varia in funzione del legame chimico istaurato tra due metalli e gli anioni di natura diversa che ad essi si legano, talora in numero diverso.

buto della XAS o, se si preferisce, della teoria intuita per primo nel 1916 da Kossel, sviluppata ulteriormente in un suo lavoro congiunto con Sommerfeld (Kossel & Sommerfeld, 1919) e portata da lui a completezza subito dopo (Kossel, 1920)!

Gli anni tra il 1920 e il 1930 sono quelli in cui è stata misurata sperimentalmente ogni particolarità dello spettro d'assorbimento dei raggi X che abbia poi avuto un riflesso sulla conoscenza chimica e fisica di un composto, anche complesso. La comprensione del fenomeno osservato, però, non fu immediata, ma procedette a tentoni – come già si è visto – immettendo talvolta nella letteratura anche una serie di interpretazioni sbagliate di evidenze che, per altro, erano sperimentalmente corrette. Ne faccio seguire alcuni esempi, ottimisticamente scelti tra quelli il cui esito fu positivo³.

Nel 1924 Coster aveva riscontrato l'esistenza di una linea (che egli chiamò *white line* perché così appariva nei negativi dei suoi fotogrammi) che si presentava a lunghezza d'onda maggiore della soglia d'assorbimento K di metalli come Ti, Cr, Mn (Fig. 3) e di quella L_{III} di Sn, Sb, Te e I. Nel primo caso, Lindh (1925 p. 218) spiegò il fenomeno con il sovrapporsi di due soglie dovuto a una riduzione operata dai raggi X su una parte del metallo di transizione presente nel composto esaminato (e.g., Ti nel TiO_2): dava cioè ragione all'idea della Chamberlain. Coster però non fu convinto e con J. H. van der Tuuk (1926) mostrò che la sua *white line* c'era anche quando si prestava la massima attenzione a evitare possibili riduzioni o ossi-

³ Si può imparare anche dagli sbagli (e due ne sono riferiti nel testo), ma lo sviluppo generale di una tecnoscienza richiede che essi non siano troppi, bensì siano in minoranza rispetto ai successi tecnologici, così da permettere poi un miglioramento della teoria.

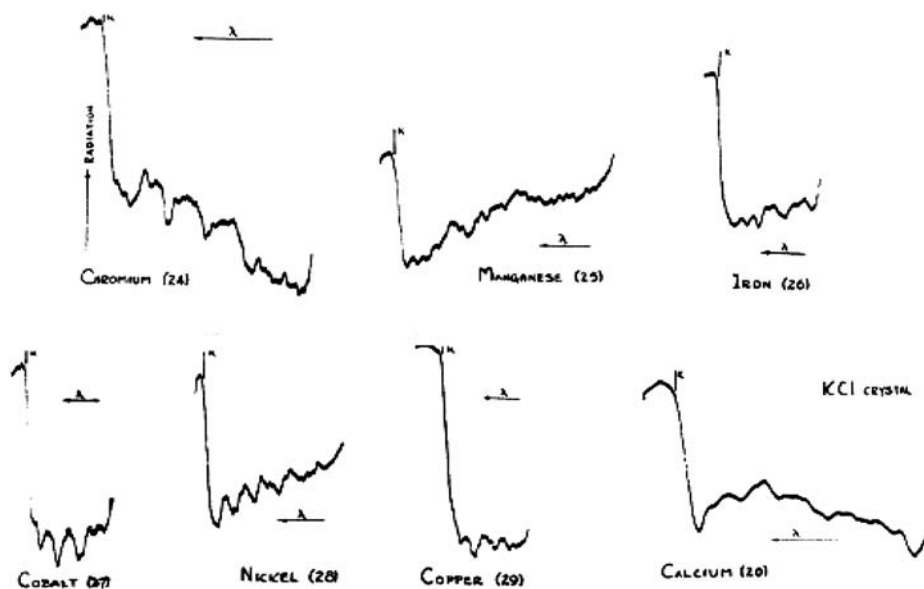


Fig. 3. Pre-soglia (da B. Kievit & G. A. Lindsay, 1930 p. 658): il picco che precede la soglia negli elementi della prima serie di transizione è una effettiva pre-soglia da interpretare nel contesto di tutta la soglia *K* d'assorbimento.

dazioni, purché il cristallo analizzatore fosse adeguatamente sensibile. Si trattava, quindi, di un qualcosa di reale che era sfuggito ai ricercatori precedenti, probabilmente a causa del loro sistema di rivelazione meno sensibile. La *white line* andava attribuita a un effetto che coinvolge gli elettroni periferici dell'atomo, oltre che quelli dello strato *K* prossimi al nucleo (Coster & van der Tuuk, 1926 p. 379).

La dimostrazione finale che esiste davvero una struttura fine che precede la soglia (quella che ora noi chiamiamo *pre-edge* o pre-soglia) si deve a G. A. Lindsay & H. R. Voorhees (1928) in uno studio della soglia Fe *K* che presenta una struttura ben più complessa di un'unica *white line*. Il suo significato, tuttavia, non fu capito se non molto più tardi (cfr. Mottana & Marcelli, 2015 pp. 291-292), quando ne fu dimostrata l'esistenza solo negli elementi di transizione. Un suo uso non fu possibile se non ancora più tardi, quando fu possibile determinarne, con irraggiamenti di maggiore potenza come quello della luce di sincrotrone, la struttura fine interna che non è singola ma almeno tripartita. Non si trattava, quindi, di un problema connesso col sistema rivelatore, ma con la potenza del raggio X incidente. La struttura della pre-soglia fornisce informazioni di grande interesse chimico-fisico come il numero di coordinazione e gli stati di ossido-riduzione (speciazione) dell'atomo esaminato nel particolare composto studiato. Tipico è proprio il caso del Fe, che in Mineralogia acquista grande importanza petrogenetica, ma molti risultati utili sono stati ricavati quantitativamente anche per As, Cr, Mn, V e, più in generale, per ogni

atomo che può assumere diversi stati di valenza e, conseguenza del suo diverso raggio allo stato ionizzato, diversi numeri di coordinazione. Da queste misure prende origine, tra l'altro, la Geochimica ambientale, che è uno dei più floridi campi di ricerca applicata attuali.

Una seconda, importante novità, fu messa in luce prima da G. A. Lindsay & G. D. Van Dyke (1926) poi, con maggiore precisione, da Lindsay & Voorhes (1928) nel medesimo studio sul Fe e sui suoi composti in cui avevano convalidato la presoglia scoperta da Coster (1924). Fino ad allora lo spettro d'assorbimento dei raggi X aveva riguardato la soglia propriamente detta, vale a dire una zona limitata attorno alla posizione di massimo annerimento della pellicola fotografica usata come rivelatore. Diverse tonalità d'annerimento potevano o precedere oppure seguire la soglia, ma erano limitate a un piccolo numero di lunghezze d'onda (o frequenze, o energie – quale che fosse l'unità di misura scelta). Lindsay e i suoi collaboratori identificarono ora una seconda zona in cui si manifestava un annerimento (*sekundäre Absorption*), minore per intensità, ma tale comunque da interrompere la regolare decrescita dell'annerimento del fondo. Nel Fe, questa nuova zona strutturata e modulata nella sua intensità si presentava a svariate lunghezze d'onda più in là della soglia *K*. Studi successivi dimostrarono che questa struttura secondaria è costituita da un certo numero di oscillazioni che si manifestano a partire da una certa distanza dalla soglia (e in una continuità con essa, poiché il limite superiore della soglia non è stato mai esattamente definito e probabilmente è variabile a seconda dei diversi elementi). In linea teorica, in uno spettro, la soglia d'assorbimento, se non è interferita da altre soglie, continua con oscillazioni, attenuandosi, fino all'infinito. Le strutture secondarie sono presenti nei solidi sia cristallini sia amorfi, sia nei liquidi, sia nei gas (Fig. 4), il che rende la XAS una tecnica polivalente, molto più risolutiva della XRD.

All'inizio degli anni '30, il sempre maggior numero di spettri acquisiti sui più svariati composti stava diventando ingestibile. La ripresa fotografica era stata in larga misura abbandonata e le era subentrata quella tramite camera di ionizzazione (suggerita nel 1913 da W. H. Bragg, ma non ben accettata perché non forniva immagini incontrovertibili). La camera di ionizzazione non divenne comune finché non fu in qualche modo standardizzata in più di un laboratorio. Erano, inoltre, state usate fino a quel momento le più diverse unità e modalità di misura sia per posizionare sia per quantificare l'intensità del fenomeno. Si imponeva una standardizzazione addirittura a livello internazionale e ciò avvenne, in un momento anche piuttosto particolare della ricerca scientifica, quando l'inglese (o, meglio, l'anglo-americano) stava sostituendo il tedesco come lingua veicolare della Fisica. B. B. Ray (1929) propose di chiamare «struttura fine» (*Feinstruktur*; diventato poi *fine structure*) ciò che si osservava presso la soglia *K* e «struttura secondaria» (*sekundäre K-Absorptionkante*; poi *secondary structure*) la nuova struttura estesa lontana dalla soglia *K* che era stata rivelata da Lindsay. Poco dopo Ralph Kronig (1931) propose di proiettare gli spettri su una scala lineare in cui l'ascissa fosse espressa in energia

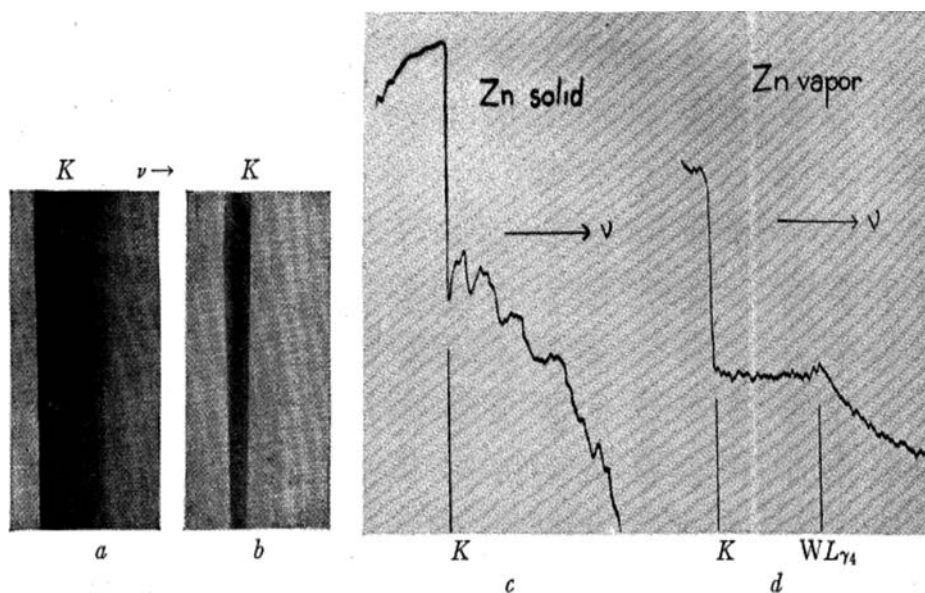


Fig. 4. «Sekundäre Absorption» (equivalente alla struttura estesa, ma non registrata nella sua interezza) nello Zn in fase solida metallica e in fase vapore. A sinistra l'immagine fotografica, a destra la sua relaborazione al densitometro (da J. D. Hanawalt, 1931, p. 723 Fig. 6 a, b, c, d).

(eV) e dove l'origine era il valore E_0 della soglia. Infine, fu raggiunto un accordo internazionale su una proposta di F. K. Richtmyer & S. W. Barnes (1934), per cui i grafici XAS hanno l'ascissa in eV e l'ordinata è data dal logaritmo del rapporto dell'intensità misurata subito prima (I_0) e subito dopo (I_1) la struttura misurata. Questo rapporto non è altro se non il coefficiente A della legge di Beer-Lambert, $I_1/I_0 = e^{-A}$, in cui A è l'assorbanza del campione.

Nel 1935 la parte sperimentale della XAS poteva dirsi conclusa, per quanto riguarda la potenza delle sorgenti di raggi X disponibili e i metodi di rivelazione relativi, anche se negli anni successivi fiorirono gli studi sperimentali per cercare di dare supporto a un'interpretazione fisico-matematica alternativa o integrativa a quella proposta da Kronig (cfr. Stumm von Bordwehr, 1989). Il confronto tra uno spettro sul Cu metallico eseguito nel 1955 e valutato poi da Leonid V. Azároff (1963) per le sue peculiarità, con quello del Cu ripreso da Coster & Veldkamp (1931) e studiato da Kronig nel 1932 per dare un migliore sostegno alla sua teoria, può servire d'esempio dello stato di sviluppo stazionario più che decennale della XAS da sorgenti convenzionali di raggi X.

La grande, grandissima evoluzione si ebbe solo quando come fonte dei raggi X fu usata la radiazione da sincrotrone. Essa ridusse drasticamente il tempo operativo richiesto: da una settimana e più di riprese si passò a pochi minuti di esposizione. Il primo spettro registrato da radiazione di sincrotrone proveniente da un

anello d'accumulazione è degli anni '70 (Eisenberg *et al.*, 1974; cfr. Mottana e Marcelli, 2015 p. 280 Fig. 2). Questo spettro non è il primo esempio di progresso tecno-scientifico nel settore dell'assorbimento dei raggi X, ma è un indice incontrovertibile di un salto di qualità formidabile. Ancora più a lungo si dovette attendere perché la XAFS diventasse un metodo comunemente applicato in Chimica e contribuì a un avanzamento significativo di questa materia, soprattutto nello studio dei catalizzatori e dei processi di reazione.

Conclusione

Ciò che, in effetti, ancora mancava era una teoria unificante che, appoggiandosi sulla ben collaudata teoria di Kossel sullo spettro di soglia, sapesse spiegare anche lo spettro secondario. Si accinsero a ciò fisici e chimici di varie scuole e, in particolare, per un trentennio, ebbe una forte risonanza la teoria sviluppata da Ralph Kronig (1931, 1932a, 1932b), anche se subì numerose modificazioni. Poi il gruppo costituito alla fine degli anni '60 da Farrel Lytle, Dale Sayers e Ed Stern (1971, 1974, 1975; cfr. Mottana & Marcelli, 2015 pp. 283-285) ne sviluppò un'altra che era in grado, basandosi sull'analisi di Fourier, di ricavare valori quantitativi dal solo spettro secondario (ri-denominato, secondo un'abitudine invalsa in USA, con l'acronimo EXAFS: *Extended X-ray Absorption Fine Structure*), rendendo la struttura presso la soglia (ri-denominata, sempre in acronimo, XANES: *X-ray Absorption Near Edge Structure*) un complemento qualitativo, utile, ma solo indicativo della valenza e della coordinazione e non quantizzabile. Le misure d'assorbimento eseguite al sincrotrone, che sono molto ben risolte anche presso la soglia, hanno per quasi cinquant'anni sfidato i teorici (tanto fisici quanto chimici) a produrre una teoria che non solo simulasse graficamente, ma interpretasse anche quantitativamente questa regione e, se possibile, le due regioni insieme, cioè l'intero spettro (cfr. Mottana & Marcelli, 2015 p. 288).

Si cerca ora, quindi, di passare sempre più integralmente da XAS a XAFS, così che questa diventi un metodo cristallografico realmente quantitativo, secondo un auspicio ormai antico (Stern, 1978). Non è solo una questione strumentale, legata al potenziamento della sorgente di raggi X. È, piuttosto, una questione epistemologica: visto il successo del calcolo matematico nell'estrarre informazioni quantitative dall'EXAFS, si è andata sviluppando una ricerca sempre più articolata di un algoritmo idoneo a estrarre dati quantitativi anche dallo XANES e, contemporaneamente, si è cercato di riunificare le due regioni sotto una teoria unitaria. Non ci si è ancora riusciti, ma l'utilità pratica dei dati singoli è tale da far ritenere che la spettroscopia d'assorbimento dei raggi X (ora XAFS) avrà ancora una lunga vita e darà a coloro che la praticano numerose soddisfazioni.

Riconoscimenti. Questo testo è la versione italiana semplificata di un altro testo in inglese in cui affronto lo sviluppo della XAS dai tempi eroici all'inizio dell'utilizzazione della radiazione da sincrotrone come sorgente dei raggi X. Ringrazio Augusto (Claudio) Marcelli, con cui ho condiviso varie fasi del progetto, e Marco Taddia e Mario Berrettoni che, invitandomi a esporre i miei risultati alla platea dei Chimici, mi hanno consentito di accertare il grado di interazione che ho finora raggiunto con gli specialisti del mio auditorio, costituito per l'occasione dagli aderenti al Gruppo Nazionale per la Storia e i Fondamenti della Chimica.

BIBLIOGRAFIA

- Azároff, L.V., 1963. Theory of extended fine structure of x-ray absorption edges. *Reviews of Modern Physics*, 35 [4]: 1012-1022.
- Bachelard G., 1953. *Le matérialisme rationnel*. Paris, Presses universitaires de France, Bibliothèque de philosophie contemporaine (ed. it. 1975: *Il materialismo razionale*; trad. L. Semerari, Bari, Dedalo).
- Bergengren J., 1920a. Über die Röntgenabsorption des Phosphors. *Zeitschrift für Physik*, 3: 247-249.
- Bergengren J., 1920b. Sur les spectres d'absorption du phosphore pour les rayons X. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 171: 624-626.
- Bohr N. & Coster D., 1923. Röntgenspektren und periodisches System der Elemente. *Zeitschrift für Physik*, 22: 342-374.
- Brogie M. de & Dauvillier A., 1920. Sur la structure fine des discontinuités d'absorption dans les spectres de rayons X. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 171: 626-627.
- Chamberlain K., 1925. The fine structure of certain X-ray absorption edges. *Physical Review*, 26: 525-536.
- Coster D. & Veldkamp J., 1931. Bestimmung des Absorptionskoeffizienten für Röntgenstrahlen in der Nähe der K-Absorptionskante der Elemente Cu und Zn. *Zeitschrift für Physik*, 70: 306-316.
- Coster D. & van der Tuuk J.H., 1926. The fine structure of the X-ray absorption edge in the K-series of argon and its possible interpretation. *Nature*, 117: 586-587.
- Coster D., 1924. Über die Absorptionsspektren im Röntgengebiet. *Zeitschrift für Physik*, 25: 83-98.
- Davis B. & Purks H., 1927. Note on the effect of chemical combination on the structure of the K absorption limit. *Physical Review*, 32: 336-338.
- Eisenberg P., Kincaid B., Hunter S., Sayers D.E., Stern E.A., Lytle F. (1974) *EXAFS measurements at SPEAR*; pp. 806-807 in E.E. Koch, R. Haensel & C. Kunz (eds.): *Vacuum ultraviolet radiation physics: Proceedings of the 4th International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, Hamburg, July 22-26, 1974*. Pergamon, Oxford; Vierweg, Braunschweig.
- Fricke H., 1920. The K-characteristic absorption frequencies for the chemical elements magnesium to chromium. *Physical Review*, 16: 202-215.
- Glocker R., 1932. Gitterbindungskräfte und Röntgenspektrum. *Naturwissenschaften* [H. 29, 15.7.32]: 536-539.
- Hanawalt J.D., 1928. The influence of the presence of hydrogen on the L_{III} X-ray absorption edge of palladium. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 14: 953-957.
- Hanawalt J.D., 1931. The dependence of X-ray absorption spectra upon chemical and physical state. *Physical Review*, 37: 715-726.

- Kievit B. & Lindsay G.A., 1930. Fine structure in the X-ray absorption spectra of the K series of the elements calcium to gallium. *Physical Review*, 36: 648-664.
- Kossel W. & Sommerfeld A., 1919. Auswahlprinzip und Verschiebungssatz bei Serienspektren. *Verhandlungen der Deutscher Physikalische Gesellschaft* (2), 21: 240-259.
- Kossel W., 1916. Über die Molekülbildung als Frage des Atombaus. *Annalen der Physik* (4), 49: 229-324.
- Kossel W., 1920. Zum Bau der Röntgenspektren. *Zeitschrift für Physik*, 1: 119-134.
- Kronig R., 1931. Zur Theorie der Feinstruktur in den Röntgenabsorptionsspektren. *Zeitschrift für Physik*, 70: 317-323.
- Kronig R., 1932a. Zur Theorie der Feinstruktur in den Röntgenabsorptionsspektren. II. *Zeitschrift für Physik*, 75: 191-210.
- Kronig R., 1932b. Zur Theorie der Feinstruktur in den Röntgenabsorptionsspektren. III. *Zeitschrift für Physik*, 75: 468-475.
- Lindh A.E., 1921. Zur Kenntnis des K-Röntgenabsorptionsspektrums von Chlor. *Zeitschrift für Physik*, 6: 303-310.
- Lindh A.E., 1925. Über die K-Röntgenabsorptionsspektren der Elemente Si, Ti, V, Cr, Mn und Fe. *Zeitschrift für Physik*, 31: 210-218.
- Lindsay G.A. & Van Dyke G.D., 1926. The K X-ray absorption of calcium in calcite, gypsum, and fluorite. *Physical Review*, 28: 613-619.
- Lindsay G.A. & Voohrees H.R., 1928. The K X-Ray Absorption Edge of Iron. *The London, Edinburgh and Dublin philosophical magazine and journal of science* (7), 6: 910-921.
- Lytle F.W., Sayers D.E. & Stern E.A., 1975. Extended X-ray-absorption fine-structure technique. II. Experimental practice and selected results. *Physical Review*, B 11: 4825-4835.
- Mottana A. & Marcelli A., 2015. The historical development of X-ray Absorption Fine Spectroscopy and of its applications to Materials Science; in R. Pisano (Ed.): *A Bridge between Conceptual Frameworks. Sciences, Society and Technology Studies* (History of Mechanism and Machine Science, 27). Springer, Dordrecht.
- Mottana A., 2014. 1913-2013 - The centennial of X-ray Absorption Spectroscopy (XAS): evidences about a question still open. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 196: 14-19.
- Pauling L., 1929. Photo-ionization in liquids and crystals and the dependence of the frequency of X-rays absorption edges on chemical constitution. *Physical Review*, 34: 954-963.
- Ray B.B., 1929. X-Ray Absorption Limits and the Distribution of Electrons Round the Atom. *Indian Journal of Physics*, 3: 477-488.
- Richtmyer F.K. & Barnes S.W., 1933. On the determination of the shape, wavelength and width of an X-Ray absorption limit. *Physical Review*, 43: 754.
- Sayers D.E., Stern E.A. & Lytle F.W., 1971. New technique for investigating noncrystalline structures: Fourier analysis of the Extended X-Ray-Absorption Fine Structure. *Physical Review Letters*, 27: 1204-1207.
- Siegbahn M. & Friman E., 1916. Über einen Vakuumspektrographen zur Aufnahme von Hochfrequenzspektren und eine mit denselben ausgeführte Vorläufige Untersuchung der seltenen Erden. *Physikalische Zeitschrift*, 17: 176-178.
- Siegbahn M., 1924. *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*. (2nd ed., 1931). Springer, Berlin. (*The spectroscopy of X-rays* (1925: translated with the author's addition by G.A. Lindsay). Oxford University Press, London).
- Sommerfeld A., (1919). *Atombau und Spektrallinien*. Vierweg, Braunschweig.
- Stelling O., 1928. Über die Zusammenhang zwischen chemischer Konstitution und K-Röntgenabsorptionsspektren. VII. Allgemeine Übersicht über die erhaltenen Resultate. *Zeitschrift für Physik*, 50: 506-530.

- Stern E.A., 1978. *Development of XAFS into a structure determination technique*, pp. 323-340 in A. Haase, G. Landwehr & E. Umbach (eds.): *Röntgen centennial: X-rays in natural and life sciences*. World Scientific, Singapore.
- Stenström W., 1918. Experimentelle Untersuchungen der Röntgenspektren. M-Reihe. *Annalen der Physik*, (4), 57: 347-375.
- Stern E.A., Sayers D.E. & Lytle F.W., 1975. Extended X-ray-absorption fine-structure technique. III. Determination of physical parameters, *Physical Review*, B 11: 4836-4846.
- Stumm von Bordwehr R., 1989. A history of the X-ray absorption fine structure. *Annales de Physique*, 14: 377-465.
- Wentzel G., 1922. Röntgenspektren und chemische Valenz. *Naturwissenschaften* [H. 19 - 12.5.1922]: 464-468.

BERENICE CAVARRA *

Galeno e il *De elementis ex Hippocratis sententia*

Abstract – The galenic treatise *De elementis ex Hippocratis sententia* develops and explains the doctrine of the four elements and qualities as it is shown in some hippocratic works. Galen aims to define the features of a theory of matter built on hippocratic statements and on the aristotelian explanation of physical and chemical processes.

The material requirement of the living physiology is fulfilled through the *krasis/ mixis*, the mixture of elements and qualities.

Key words: Galeno; *De elementis ex Hippocratis sententia*; elementi e qualità; mistione; formazione di organi e tessuti; Aristotele.

Il trattato *De elementis ex Hippocratis sententia* [2] rappresenta la prima di una serie di opere che, nell'intenzione di Galeno, comprendeva anche il *De temperamentis* e il *De medicamentis*. Fu composto probabilmente in occasione del secondo soggiorno di Galeno a Roma, quindi intorno al 169 d. C. [1, 7].

Sebbene contenuto per estensione rispetto ad altre opere più voluminose, il *De elementis* rappresenta, sotto il profilo dottrinale, un testo di grande rilevanza in cui Galeno espone con una certa sistematicità le teorie elementari e qualitative che giustificano la struttura materiale dei viventi [2, 4].

La centralità del *De elementis* sul piano dottrinale è testimoniata dai numerosi rimandi e citazioni di cui il testo è fatto oggetto nell'intera produzione galenica.

Più che un trattato, il *De elementis* è piuttosto un commento ad Ippocrate. Autorità indiscussa in materia, Ippocrate in realtà non espresse mai una dottrina elementare e qualitativa quale si ritrova invece formulata nel *De natura hominis*, opera riconducibile ad un medico della sua cerchia, forse il genero Polibo [10].

Galeno arricchisce e completa il quadro teorico fornito dalla tradizione ippocratica con le teorie aristoteliche sugli elementi e sulla composizione elementare e

* Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia. E.mail: berenice.cavarra@unimore.it

qualitativa degli organismi viventi, espresse, in particolare, nel *De generatione et corruptione* e in alcune opere biologiche (*De partibus animalium*, II libro) [8, 6].

Anzi, celebra la continuità intellettuale fra Ippocrate ed Aristotele, evidenziando il debito contratto da quest'ultimo nei confronti del primo.

Del resto, frequenti nella produzione galenica sono i rimandi allo Stagirita, e tale influenza rappresenta un dato di fatto indiscutibile e acquisito da parte della critica.

Galeno conosceva bene trattati come la *Fisica*, il *De Caelo*, il *De Anima*, il *De sensu*, i già citati *De generatione et corruptione* e *De partibus animalium*, il *De generatione animalium*, ai quali ispira parte della sua filosofia della natura e delle sue concezioni antropologiche.

Anche il *De elementis* risente del debito nei confronti delle teorie aristoteliche e peripatetiche, debito che si riflette in alcune dottrine galeniche che riguardano la genesi del vivente, le tipologie del cambiamento in natura, e, infine, il concetto di mescolanza (*krasis*) intesa come interazione qualitativa che produce quel mutamento biochimico che caratterizza molti processi della vita organica. Ciò nonostante, Galeno non di rado si distacca dalle sue fonti, offrendo soluzioni teoriche nuove.

Gli elementi

La tradizione manoscritta presenta il *De elementis* come diviso in due parti (o «libri») anche se probabilmente Galeno lo intendeva come un libro solo, magari articolato in due sezioni. Nel corso della trattazione sono svolti i punti salienti di quella dottrina qualitativa da cui il commento trae materia (elementi - qualità - umori).

In questa sede ci si soffermerà sulle parti dedicate agli elementi e alla qualità, con particolare riferimento al problema della mescolanza-*krasis*/mixis.

Va notato che Galeno considera la teoria elementare esposta nel *De elementis* come espressione non solo della tradizione ippocratica ripresa in seguito da Aristotele, ma anche della filosofia della natura elaborata in ambiente peripatetico, da Teofrasto ed Eudemo, per esempio: tale teoria costituisce quindi un punto fermo ed una conquista definitiva ed indiscutibile.

La prima parte dell'opera che, nella edizione De Lacy a cui si fa riferimento in questa sede, include i paragrafi 1-5, tratta dunque degli elementi in pieno accordo con le dottrine ippocratiche.

Si inizia con la definizione di «elemento» [1, 1-2]: «L'elemento è la più piccola parte di una cosa di cui è un elemento».

Galeno puntualizza, però, che ciò che è piccolo ai sensi e ciò che lo è veramente, non sono la stessa cosa.

Da questo punto in poi, Galeno svolge un attacco al monismo prendendo come punto di partenza l'affermazione di Ippocrate secondo cui il primo elemento da cui i nostri corpi – e tutti i corpi – hanno origine, non è unico.

Del resto, «se l'uomo fosse unico – costituito da una sola componente –, non

proverebbe dolore perché non ci sarebbe nulla che gli causerebbe dolore, se egli fosse fatto di una sola componente» [2, 3-4].

Il meccanismo che genera dolore implica, infatti, la molteplicità degli elementi costitutivi dell'organismo nonché la loro capacità di interazione: è possibile, quindi, solo grazie al movimento/mutamento/alterazione qualitativa di elementi di numero superiore ad uno.

Se il principio primo dell'uomo fosse dunque unico, e al contempo, secondo certe teorie «moniste» (Democrito, Melisso, Parmenide), immobile, privo di sensibilità e non passibile di un'azione esterna, tessuti ed organi derivati da tale principio non proverebbero a loro volta sensazioni.

«Quando la carne sente dolore a causa di una ferita, non è incredibile sostenere che nessuna delle sue più piccole componenti provi anch'essa la stessa sensazione?» [2, 36 sgg.]: percepire il dolore, infatti, implica necessariamente due condizioni associate: alterazione e sensazione. «Gli atomi non posseggono nessuna delle due» [2, 41]: dalla loro associazione immutabile non nascono nuove qualità reali, ma solo qualità nuove alla nostra percezione. Qualità dunque percepibili ma che non rimandano ad un reale cambiamento qualitativo.

Ciò che è immobile, e non patisce o non agisce, non può quindi dare luogo alla vita.

Del resto Aristotele, citato da Galeno, aveva affermato: «La ricerca su ciò che è uno e immobile non è una ricerca sulla natura».

Un corpo sensibile, dunque, deve essere formato, prima di tutto, da elementi passibili di azione. Tali elementi possono essere sensibili o non sensibili. È infatti possibile che le parti prime che compongono tessuti ed organi siano insensibili, purché però siano capaci di passione ed azione: in questo caso, dunque, sono insensibili, ma comunque sempre passibili e in grado, perciò, di dare vita, attraverso una serie ripetuta di alterazioni e mutamenti, a composti od organi che, possedendo proprietà differenti dalle loro, siano senzienti e percettivi.

Gli elementi passibili di alterazione («Ogni corpo che per natura è capace di provare dolore, è formato da elementi primi che determinano il cambiamento» [3, 2-9], sono quattro di numero: fuoco, aria, acqua, terra. Ciascuno di essi è caratterizzato da quattro qualità fondamentali, caldo, freddo, secco, umido.

Alla creazione di una sostanza, partecipano tutti gli elementi [5, 25-27].

Ma in che modo gli elementi vengono a fare parte del vivente? Attraverso la nutrizione. Gli elementi cosmici compongono infatti le sostanze vegetali ed animali di cui l'uomo si nutre e dalle quali si formano i quattro fluidi del corpo; dal sangue ha inizio il processo embriogenetico e quello di formazione dei tessuti.

Le qualità

Ma ogni trasformazione elementare è possibile solo grazie all'azione delle qualità (l'argomento specifico è trattato nella parte del trattato che include i par. 6-9). È infatti attraverso di esse che gli elementi interagiscono.

Se la trasformazione implica un corpo agente e uno paziente, detti corpi, di conseguenza, devono possedere qualità attive e passive. E queste qualità non sono il ruvido il liscio, il leggero o il pesante. Se infatti noi poniamo in contatto corpi dotati di tali qualità, non si avrà alcuna modificazione. Le uniche qualità attive e passive sono invece il caldo e il freddo (attive), il secco e l'umido (passive). Sono queste le qualità primarie e fondamentali grazie alle quali si determina il mutamento.

Galeno in genere attribuisce ad ogni elemento una sola qualità, ma qualche volta ne indica invece una coppia. Il fuoco è quindi caldo, ma anche secco; il suo opposto, l'acqua, è fredda e umida. La terra è fredda e secca e l'aria, il suo opposto, è calda e umida. Ma ciò che si intende però, è che in ogni elemento ci sia una sola qualità dominante; così il fuoco è caldo, l'acqua è fredda, la terra è secca e l'aria è umida.

Di seguito, discute poi della distinzione fra elementi, principi primi e qualità.

Ogni elemento è la risultante della sua qualità all'estremo e della materia che fa da sostrato (*upokeimenon*). La qualità è quindi anteriore all'elemento (Il caldo estremo è più semplice – anteriore – del fuoco e il fuoco si produce quando il caldo estremo penetra la materia)

Principi primi sono, dunque, la materia – sostrato di tutti gli elementi privo di qualità –, e la qualità estrema che la compenetra.

Tale materia/principio primo è eterna, ingenerata e incorruttibile: ciò che muta sono piuttosto le qualità in essa.

Il principio primo non è omogeneo rispetto a ciò di cui è principio (elemento/corpo), mentre l'elemento è omogeneo rispetto a ciò (il corpo) di cui è elemento.

Gli elementi agiscono quindi reciprocamente grazie alla presenza delle qualità e, attraverso trasformazioni ripetute, dagli elementi si formano i fluidi e i tessuti. I corpi degli animali sono quindi una mescolanza (*krasis*), composta dai quattro elementi.

La mescolanza degli elementi/qualità

Galeno [5, 14-19] distingue fra una composizione semplice (e offre l'esempio della casa i cui elementi costitutivi – legno, mattoni, pietre – non subiscono mutamento anche dopo il loro utilizzo, rimanendo quelli che erano in partenza), da una vera mescolanza.

Galeno afferma che, in una *krasis*, – in una vera mescolanza, appunto –, gli elementi si ritrovano nel corpo non nella loro forma pura, originaria, ma come risultato di un processo di cambiamento, in una forma qualitativamente differente: allo stesso modo dei corpi sensibili e percettivi, di cui si è parlato sopra, che, per mutamenti successivi, derivano da corpi non dotati di sensazione.

A questo proposito Galeno porta l'esempio del *tetrapharmakos* [5, 15], composto da cera, resina, pece e grasso, che è il risultato di una *krasis* elementare ed è

dotato di qualità diverse da quelle delle sue componenti tanto che in esso nessuno degli elementi costitutivi è più apprezzabile nella sua forma pura.

Gli elementi/componenti cambiano, quindi, si trasformano e subiscono alterazione: il composto (*suntheton*) avrà dunque, come si è detto, proprietà differenti da quelle dei suoi componenti primi.

Tutto in natura è sostanzialmente il prodotto di una *krasis*; ma, anche in una *krasis*, una persona dotata di un senso fine può accorgersi che ciò che è visibile è la forma dell'elemento prevalente, la sua manifestazione sensibile (*allà soi kan te mixei tois noun echousin e tou kratountos idéa phainetai*) [5, 21].

Un cambiamento qualitativo, una mescolanza autentica e completa, implica dunque la genesi di una nuova forma (*ti ton eterogenon*): non è infatti possibile che qualcosa differente per genere si dia senza un cambiamento qualitativo. Se non si mutano le qualità degli elementi non si ha, quindi, generazione di qualcosa di *genos* diverso dalla forma di partenza.

Infatti «come è possibile che una cosa ne generi un'altra se non è mischiata con qualcos'altro (*ei me tini michtheie allo*)?».

Sulla mixis in Aristotele

La materia elementare si associa quindi, per Galeno, sulla base del principio di mescolanza (*krasis, mixis*). Il termine *mixis*, che ricorre spesso in Aristotele e nella tradizione aristotelica, indica appunto una determinata modalità di associazione elementare, di combinazione chimica, mentre, in senso lato, definisce ogni composto ben temperato, nonché la profonda unione, fisica e corporea, di sostanze e corpi diversi.

Secondo Aristotele, una combinazione chimica si verifica solo in quanto le cose mescolate hanno la possibilità di esistere separatamente, vale a dire, solo in quanto sono sostanze. Tale assioma rappresenta un essenziale fattore discriminante, per cui la *mistione/mixis* si distingue sia dall'alterazione (qualità) che dall'accrescimento (quantità), che implicano invece cambiamenti parziali, esclusivamente qualitativi ed quantitativi. L'alterazione qualitativa, in Galeno, possiede invece una portata più ampia, e coinvolge tutta la sostanza; è un mutamento sostanziale che sta alla base tanto della generazione quanto della corruzione di un organismo. Aristotele, come si è detto, considera accrescimento e alterazione sotto il profilo esclusivamente quantitativo (più o meno) e qualitativo, di gradiente (più o meno caldo, etc.).

Ciò che si mescola in una *mixis*, per lo Stagirita, non è quindi solo la qualità, ma piuttosto la sostanza tutta (intesa ontologicamente e logicamente come forma, specie) di cui la qualità è parte attiva.

Gli elementi, che danno luogo alla *mistione*, posseggono un sostrato, o materia prima, comune a ciascuno di essi. Tale sostrato è divisibile, solo logicamente, astrattamente, dalle qualità contrarie che caratterizzano gli elementi (caldo/freddo, secco/umido); in concreto, invece, non è da esse separabile. Del resto è proprio

attraverso il sostrato che le qualità esplicano la loro attività. Le qualità elementari costituiscono, in qualche modo, il livello funzionale primo di una data sostanza, intesa come sinolo inscindibile di materia persistente/qualità attiva o passiva.

La mixis è separabile nei suoi elementi costitutivi?

Come per Galeno, anche per Aristotele la *mixis* non si potrebbe definire tale se, al termine di essa, entrambe le sostanze permanessero immutate: si potrebbe parlare piuttosto di giustapposizione [9]. Se, d'altra parte, entrambe fossero distrutte, quale mistione si potrebbe avere, a partire da cose che non esistono più? Ugualmente, che tipo di combinazione sarebbe mai, qualora una sola delle componenti si «salvasse»? Giovanni Filopono, esegeta aristotelico del VI secolo d. C., nel commento al *De generatione et corruptione*, spiega che tale aporia è risolta da Aristotele con il ricorso alle categorie di atto e potenza: «poiché alcune cose esistono in potenza (*dunamei*) ed altre in atto (*energeia*), i componenti della *mixis* rimarranno gli stessi potenzialmente, ma non in atto» [5]. Quindi gli elementi/qualità che definiscono le sostanze – perché la mistione è definibile come una associazione elementare/qualitativa –, non rimangono, a processo avvenuto, come erano prima, pur restando in potenza ciò che erano. Essi infatti si pongono in contatto («tutte le cose reali di cui si dia combinazione devono essere necessariamente in contatto l'una con l'altra») attraverso gli estremi, le qualità contrarie, sviluppando in questo modo un'azione/passione reciproca. Tale contatto si verifica in quella posizione (alto/basso) che gli elementi occupano in base alle loro proprietà e che ne determina la possibilità di agire o di patire. Quando tali condizioni siano soddisfatte e le sostanze siano presenti in proporzioni adatte, ciascuna può allora trasformare l'altra dando vita quindi ad una terza sostanza, intermedia ed omeomera.

Filopono, partendo dalle affermazioni dello Stagirita, afferma quindi che: «La *mixis* può essere attribuita a quelle sostanze che hanno esistenza indipendente e che hanno la capacità naturale di essere separate dopo che sono state mescolate».

E per Galeno, il risultato della mistione è un composto che può tornare ad essere separato nelle sue componenti iniziali?

Nel trattato *de Theriaca ad Pisonem*, X (247), Galeno afferma che, nei farmaci composti, le facoltà dei singoli ingredienti non si conservano così come erano, né, del resto, mutano, ma formano invece una certa qual unione (*enosis tis*) che è espressa in una sola *krasis*, da tutte, e, da tutte, in una sola *dynamis* [3].

Nel *De elementis*, Galeno presenta la *mixis* quasi come un procedimento meccanico. Fa riferimento a parti che si spezzano, diventando più piccole, e interagiscono condividendo così le qualità. Quanto più sono piccole, tanto più la *mixis* è riuscita e il composto è stabile e non più scindibile. A questo punto Galeno rimanda ai suoi scritti sui farmaci, dove il problema della *mixis* è trattato ancora e con ampiezza.

Dalle considerazioni teoriche del *De elementis*, il concetto di *mixis* deve essere

analizzato proprio attraverso la produzione farmacologia di Galeno per chiarirne la portata e la operatività quando si tratti della preparazione di un farmaco a partire dalle sostanze e dalle loro qualità, primarie e secondarie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ballester, L. G. (ed), 1972, *Galeno, en la sociedad y en la ciencia de su tiempo (c.130-c. 200 d. de C.)*, Madrid, Ediciones Guadarrama.
- [2] Claudii Galeni De elementis ex Hippocratis sententia. In: De Lacy Ph. (ed.), 1996, *Corpus Medicorum Graecorum*, V 1, 2, Berlin, In Aedibus Academiae Scientiarum.
- [3] Claudii Galeni ad Pisonem de Theriaca Liber, X. In: Kühn C.G. (ed.), 1997, *Claudii Galeni Opera Omnia*, XIV, Georg Olms Verlag, Hildesheim - Zürich - New York, 249.
- [4] Donini, Pier Luigi, 1992, *Galeno e la filosofia*. In: *Aufstieg und Niedergang der römischen Welt*, 36.5, II, von Hildegard Temporini (ed.), Berlin-New York, 3484-3504.
- [5] Ioannis Philoponi in Aristotelem libros de Generatione et Corruptione Commentaria. In: Vitelli H. (ed.), 1897, *Commentaria in Aristotelem Graeca*, XIV, Berolini, Typis et impensis G. Reimeri.
- [6] Moraux, P., 1984, *Der Aristotelismus bei den Griechen. Von Andronikos bis Alexander von Aphrodisias*, Berlin-New York, W. de Gruyter, 1973-1984, v. II.
- [7] Nutton V. (ed.), 1981, *Galen. Problems and prospects*, London, Wellcome Institute for the History of Medicine, 1981.
- [8] Rashed M. (ed.), 2005, *Aristote, De la génération et la corruption*, Paris, Les Belles Lettres.
- [9] Sharvy R., 1983, *Aristotle on Mixtures*, «The Journal of Philosophy», 80, 440.
- [10] Smith, Wesley D., 1979, *The Hippocratic tradition*, Ithaca (N.Y.), Cornell University Press.
- [11] Vegetti, M., 1993, *Tra il sapere e la pratica: la medicina ellenistica*. In: *Storia del pensiero medico occidentale*, Grmek M. D. (ed.), v. I: *Antichità e Medioevo*, Roma-Bari, Laterza, 73-120.
- [12] Vegetti, M., 1994 *L'immagine del medico e lo statuto epistemologico della medicina in Galeno*. In: *Aufstieg und Niedergang der römischen Welt*, 37.2, von Hildegard Temporini (ed.), Berlin, W. de Gruyter, 1672-1717.

FABRIZIO BALDASSARRI*

**Né l'alchimia, né la chimica.
Minerali, pietre, metalli: Descartes, la meccanica
dei corpi naturali e la medicina**

Neither alchemy nor chemistry. Minerals, stones, metals: Descartes' mechanics of natural bodies, and medicine

Summary – While modern chemistry emerged from the effective relationship between chemistry and alchemy, the refusal of a few inefficient features of chymistry, its seventeenth-century form, appeared decisively played by the mechanization of nature. In this study, special focus will be given on René Descartes, whose mechanical philosophy excluded any chemical interpretation of nature. Yet, his alternative understanding of chemistry appeared an engaging foothold for his comprehension of natural bodies and his medical investigations.

Riassunto – Nella lunga gestazione della chimica razionale, la filosofia naturale di René Descartes (1596-1650) difficilmente trova posto: la sua opposizione alla chimica non concerne solo gli aspetti ermetici della disciplina, ma anche i suoi principi, a cui egli contrappone uno studio meccanico dei corpi naturali, minerali, pietre e metalli. Tuttavia, più che un mero misconoscimento della chimica, Descartes ne coglie l'utilità all'interno di un quadro teorico solido sia nella pratica dello studio fisico dei corpi inerti, sia in quello della medicina.

Alchimia e chimica: critica e utilità

Nei suoi recenti lavori [13, 14], Bernard Joly ha sapientemente mostrato come una chimica in senso proprio non sia presente nella filosofia di René Descartes, essendo questi troppo lontano dagli sviluppi filosofici che fonderanno la chimica moderna, e troppo occupato a criticarne l'inermità del metodo e l'erroneità dei prin-

* Institute for Research in the Humanities, University of Bucharest/Forschungszentrum Gotha, Universität Erfurt. E-mail: fabrizio.baldassarri@gmail.com

cipi [10a]¹. Tuttavia, nonostante l'assenza della chimica nell'albero della filosofia, Descartes ne riconosce l'utilità all'interno dello studio della natura [3, 15].

La critica cartesiana alla chimica si sviluppa dal rifiuto fisico dell'esistenza di qualità intrinseche ai corpi: l'unità della materia estesa non consente differenze inerenti ai corpi, ma ne fa dipendere le qualità dal movimento e dalla disposizione della materia, cioè dalla meccanica. L'estensione è l'unico attributo della materia, le cui parti infinitamente divisibili e identiche tra loro compongono la natura. Unico principio di quest'ultima è la materia estesa [5]. Supporre come faceva la chimica di derivazione paracelsiana che alcuni corpi (sale, zolfo e mercurio) fossero principi della natura è per Descartes l'esempio di una teoria fragile e confusa [10b].

Ricorrente in tutta l'opera cartesiana, l'accusa all'alchimia è esplicitata con chiarezza nella prima Parte del *Discours de la Méthode* (1637): le promesse degli alchimisti, le predizioni degli astrologi, le imposture dei maghi e le vanterie e gli artifici di coloro che fanno vanto di sapere più di ciò che non sanno sono cattive dottrine, esempi di un sapere incapace di distinguere il falso dal vero, quindi inutile. Vi è, però, una distinzione. Le vanterie degli eruditi, possessori di quell'arte che si ferma sulle labbra, le imposture dei maghi, che pretendono di poter creare illusioni con l'aiuto dei demoni, e le pretese astrologiche di conoscere i cieli per predirne gli effetti senza osservare i loro moti sono esempi di conoscenze senza verità alcuna. Invece, nonostante la curiosità inefficace e assurda che li muove, la conoscenza dei chimici ha prodotto qualche verità, secondo Descartes. Non a caso la chimica rientra nella breve lista delle scienze posta all'inizio delle *Regulae ad directionem ingenii*, nella *Regula I*, «la virtù delle piante, i moti degli astri, le trasformazioni dei metalli [*metallorum trasmutationes*]» [10c]. I difetti di questa disciplina possono essere superati mediante il metodo.

Descartes ne descrive l'utilità in una lettera spedita nel 1631 a Etienne de Villebressieu, uomo curioso e conoscitore di una gran quantità di piccoli segreti di chimica. Egli pone a confronto gli studi dell'amico, di cui loda l'importanza, e le pratiche del Signor Chandoux [21], un alchimista che spiegava i principi dei corpi sulla scia dell'alchimia ermetica di Henricus Kunrath. Chandoux attribuiva a questi principi, chiamati forma, spirito e materia, la nascita degli elementi, inserendo nel processo di formazione l'intervento di elementi oscuri e impuri, capaci di mostrare il mescolamento dei corpi, permettendo così di individuare i corpi principali. Attraverso questo studio dei corpi misti, era dunque possibile la trasmutazione dei metalli. Chandoux aveva presentato la propria arte in un incontro pubblico, organizzato dal nunzio apostolico cardinale Guidi di Bagno nel 1628, probabilmente a Parigi, a cui erano stati invitati il cardinal Berulle, Mersenne, Descartes e altri. Nella lettera a Villebressieu, ricordando l'evento, Descartes sottolinea la correttezza

¹ Per quanto concerne i riferimenti alle fonti cartesiane, ognuno di essi rimanda a pagine precise riportate in bibliografia, dove ogni nucleo di pagine segue l'ordine dei riferimenti in corpo al testo ed è separato dal successivo da un punto e virgola.

dei propri principi contro l'inutilità di quelli di Chandoux, e passa poi a lodare le ricerche del corrispondente, utili per «costruire una fisica chiara, certa e dimostrata». Da un lato, questo contributo renderà evidente l'inganno di quanti impegnano il proprio tempo nelle sofisticazioni dei metalli; dall'altro, questa chimica si accorda precisamente con la teoria che Descartes sta descrivendo nel *Monde*: l'unicità della sostanza materiale, la distinzione di essa attraverso il moto in figure o modi che la rendono visibile in composti o elementi, lo studio della struttura dei primi composti (acqua, terra, aria e fuoco), quattro primi elementi costruiti attraverso la differenza delle piccole parti che insieme compongono un quinto elemento, che Villebressieu chiama «*principes, ou la plus noble préparation des éléments*», e che considera «un seme produttivo o una vita materiale che si specifica in ogni sorta di quei nobili individui singoli» [10a]. Dalla disposizione di queste parti risultano animali, piante, o minerali, la natura in generale. La chimica (di Villebressieu) si rivela utile perché si accorda con gli esperimenti meccanici della natura compiuti da Descartes, e ne conferma i principi.

Né l'alchimia, né la chimica. Gli studi cartesiani

L'interesse di Descartes per le esperienze chimiche risale al 1629, quando condivide con Mersenne esperimenti sui metalli. Nel 1630, studia la chimica e l'anatomia assieme, mettendo in pratica gli esperimenti chimici nello studio dei corpi. Nel 1632, Descartes è impegnato «a fare diversi esperimenti per conoscere le differenze essenziali che vi sono tra gli olii, gli spiriti o acquaviti, le acque comuni, le acque forti, i Sali, ecc.» [10a], uno studio collegato alla definizione delle qualità dei corpi.

Assenti nel *Monde*, questi lavori sui corpi particolari compongono le *Meteore*, in cui lo studio di alcuni corpi, ambito privilegiato della chimica, è ricondotto alla fisica cartesiana: le proprietà non appartengono alle qualità intrinseche dei corpi stessi, ma alla meccanica della materia estesa. Per esempio, il vapore, che si costituiva ambiguamente come intermediario tra i corpi, corpo immateriale, o materia incorporata [13], è ridotto da Descartes a parti di acqua separate dal calore e rarefatte, che il filosofo designa con termini diversi («*fumée*», «*exhalaisons*», «*esprit*») a seconda dei casi, ma non ancora col termine *gas*, coniato da Jan-Baptista van Helmont e noto al pubblico dal 1648, benché raramente utilizzato per tutto il secolo. Anche il sale, considerato uno degli elementi primi dai chimici, è semplice materia le cui parti hanno una struttura appuntita. E quello che «gli alchimisti chiamano spirito o olio di sale» [10b], per Descartes non è che un estratto del sale le cui caratteristiche dipendono dalla disposizione delle parti. Anche gli esperimenti di distillazione (per esempio la distillazione degli olii dalle piante secche) con cui Descartes mostra che il vapore del liquido distillato passa attraverso i pori dei corpi e trasporta con sé alcune parti diverse, sono realizzati per confermare la struttura meccanica dei corpi e le proprietà della materia.

L'attacco degli alchimisti contro questa riduzione delle proprietà dei corpi alla

fisica meccanica, col conseguente annullamento di ogni proprietà intrinseca e la riduzione dei principi naturali alla materia estesa, non si fa attendere. Nel 1638, Samuel van der Straten, un avventuriero che scioglieva metalli, chiedeva, attraverso la mediazione di Constantijn Huygens, di essere «istruito» da Descartes «con dimostrazioni su quel che in natura può essere capace di aprire con tanta facilità i composti più solidi e serrati» [10a]. La risposta di Descartes riconduce alla meccanica della materia estesa la spiegazione di ogni riduzione chimica. Nel suo *Pentalogos* (1640), l'alchimista boemo Andreas Haberweschel von Habernfeld [7] si spingeva più oltre, attaccando il meccanicismo di Descartes [10a], assimilato all'atomismo, colpevole di non riconoscere la validità della teoria alchemica dei tre principi e dell'*Esprit du Monde*. L'accusa è che il disconoscimento delle qualità reali e dei corpi sostanziali, ridotta la natura dei corpi all'ordine e figura delle parti, fa perdere a Descartes la possibilità di conoscere la vera essenza dei corpi stessi. Si tratta di accuse che Descartes giudica incapaci di colpire nel segno.

Nel 1640, in una corrispondenza a quattro voci tra Mersenne, Lazare Meissonnier, Cristophe de Villiers e Descartes [17], si discuterà di ghiandola pineale e di chimica. Descartes riduce i segreti chimici dei corrispondenti al meccanicismo dei corpi composti da piccole parti congiunte, sostenendo che i principi chimici sono corpi come tutti gli altri, prodotti dal movimento della materia e dall'azione del calore. I corpi sono composti di piccole parti senza alcuna qualità intrinseca: in tal senso nessun corpo è un principio di un altro, né nel loro mescolamento si creano corpi ideali da cui estrarre materia particolare. Attaccando i ragionamenti dei corrispondenti, Descartes denuncia la confusione chimica nel ricondurre i materiali estratti ad alcuni corpi, sale, zolfo e mercurio, principi indivisibili. Del *Caput Mortuum*, per esempio, considerato dai chimici il residuo delle distillazioni, materiale inutile, Descartes ritiene sia possibile ridurlo ulteriormente in sale, acqua, olio e in materia sottile se lo si frantuma o lavora con solventi adatti. Oltre che sulla riduzione, è sulla formazione dei corpi che Descartes interviene, ritenendo che i chimici non riescano a fare del sale il principio da cui si formano i corpi, e che dovrebbero, pertanto, accordarsi alla filosofia cartesiana per cui tutti i corpi sono formati dalla materia estesa [10a].

Col *Pentalogos*, l'alchimia aveva attaccato i principi fisici delle *Météores*; nel 1641, col paradossale fenomeno della pietra di Bologna [4], un minerale che brilla di luce propria in certe condizioni e in seguito a operazioni di laboratorio, vi è l'attacco ai principi metafisici della conoscenza cartesiana dei corpi naturali: se in laboratorio si crea la luce in una pietra, allora non tutto si conserva sotto l'influsso di Dio, obietta un anonimo a Descartes, a cui questi risponde normalizzando il fenomeno alla propria scienza e confermando la validità dei suoi principi della filosofia. Il fenomeno di luminescenza può essere dedotto dall'esame della struttura della pietra, cioè a partire dalla sostanza estesa [10a], senza contraddire la metafisica e senza la necessità di attribuire un principio sostanziale a corpi con fenomeni in apparenza paradossali, come in questo caso.

Lo studio della Terra nei Principia philosophiae

Descartes non si limita a criticare il lessico, i principi e i corpi della chimica. Nei suoi *Principi* ricostruisce una storia naturale dei fenomeni all'interno della propria fisica meccanica, presentando, nella quarta Parte, attraverso una serie di esperienze, uno studio sulla generazione dei corpi naturali, metalli, minerali e pietre. Si tratta di una anatomia delle cose in cui le differenze tra i corpi sono ridotte alla loro struttura interna, formatasi dalla diversa disposizione delle parti in movimento; così, egli distingue la formazione delle pietre da quella dei metalli e delle parti dure di animali e vegetali. La conoscenza dei corpi materiali è retta dalla distinzione reale di corpo e mente, principio primo della filosofia cartesiana. Attributo della mente è il pensiero, della materia è l'estensione, i cui modi sono la figura, la posizione delle parti o struttura, e il movimento. Descartes riconduce la conoscenza dei corpi alla meccanica della materia estesa, mentre ogni conoscenza qualitativa è giudicata pregiudizievole.

L'attacco al sistema alchemico è totale. Ai *tria prima* di Paracelso, Descartes sostituisce tre elementi distinti secondo qualità ottiche, la materia luminosa delle stelle, la materia trasparente del cielo, la materia opaca della terra, le cui piccole parti interagiscono scontrandosi e formando diversi corpi [10b]. Egli rifiuta l'esistenza di proprietà sostanziali e di elementi principali, negando che per ogni corpo vi sia un principio diverso. Tutti i corpi, sale, zolfo e mercurio inclusi, si formano attraverso l'interazione meccanica tra le parti mescolate grazie al calore prodotto dal primo elemento. Secondo Descartes, l'argento vivo è costituito dall'adesione di parti di materia tornite e levigate che, dapprima legate all'acqua, sono filtrate in alcuni punti della terra e si sono unite. Esse sono facilmente agitabili dalle parti del primo elemento, mentre sono impervie a quelle del secondo e all'acqua, componendo un liquido molto pensate e assolutamente non trasparente; il mercurio è assieme pieno di agitazione e pesante, poiché ha meno pori che altri corpi similmente agitati ma più leggeri [10a]. Inoltre, altre parti presenti sotto la crosta terrestre subiscono processi meccanici e producono due categorie di corpi. Le parti di materia più solida sono filtrate attraverso i meati della terra, e rese piatte e flessibili; in seguito, riscaldate dal calore presente, producono succhi o vapori che si insinuano tra le parti, diventando lisce e affilate, e tramutandosi in succhi acri, acidi e corrosivi. Quando si rapprendono assieme a materiale metallico, compongono il solfato di rame; assieme a materiale sassoso, compongono l'allume. Le parti più molli, dopo essere state frantumate e attenuate, sono smembrate dal calore e trasformate in rami piccoli e flessibili che aderendo alle parti terrestri compongono lo zolfo, il bitume, i materiali grassi o oleosi. Risalendo verso la superficie terrestre e mescolandosi ad altre parti di materia grazie ai vapori, queste parti compongono i corpi chimici e i minerali. I succhi acri compongono il sale dei chimici, mentre la materia oleosa compone lo zolfo. La formazione di tali elementi non dipende dai principi alchemici di inseminazione spirituale della materia, che attribuiva a ogni

corpo una sostanzialità propria, ma è dovuta a una costituzione meccanica limitata alla disposizione della materia [13].

Il sale è materiale depositato dall'acqua che i vapori non riescono a trasportare; nei meati della terra, le sue parti perdono «un po' della loro figura e quantità, si tramutano in nitro, o sale ammoniacale», la cui forma è allungata, ma non flessibile, né ramificata. Allo stesso modo, pietre e minerali sono formati dal movimento di spiriti e dalla disposizione delle loro parti in corpi duri. L'oro, l'argento e il piombo si formano dalle particelle rilasciate dai vapori dell'argento vivo nei meati della Terra; quando vi sono esalazioni sulfuree che riempiono questi meati, quelle particelle si rivestono di una lanugine sottile, componendo il minio. Gli spiriti acri e le esalazioni sulfuree rilasciano alcune parti che compongono metalli quali rame, ferro e antimonio. Quando le particelle più tenui delle esalazioni si connettono a quelle degli spiriti, rendendole ramificate e mescolandole a succhi acri, a parti metalliche, compongono lo zolfo; se si mescolano a parti di terra, producono il bitume o l'argilla; se restano da sole e il loro movimento le fa appoggiare le une sulle altre, si tramutano in petrolio. La combinazione di questi corpi dà luogo ad altri materiali, le cui proprietà fisiche dipendono dalla geometria interna delle parti. Descartes descrive, così, le acque ardenti, insipide e acide, i sublimati e gli olii, la calce, e il vetro. E si sofferma, nei numerosi articoli sul magnete, sulla formazione e differenze tra acciaio e ferro [10b]. I minerali e i metalli, pertanto, non sono corpi misti, ma composti e aggregati di parti della medesima materia estesa. Al tempo stesso, le operazioni chimiche di liquefazione, solidificazione, essiccazione e distillazione compiute nella ricostruzione geologica, sono ricondotte alla meccanica della rarefazione, cioè a «un mutamento di figura» [10b] e alle proprietà dell'estensione, poiché il cambiamento di stato rimanda al mutamento di struttura delle piccole parti [16]. La distillazione non isola elementi primi, ma spezza le unioni di materiali in composti di piccole parti. Non vi sono proprietà intrinseche o virtù sostanziali per ogni singolo corpo, è la meccanica a stabilirne le caratteristiche.

Per alcuni aspetti l'approccio cartesiano è certamente fecondo, poiché la riscrittura meccanica dei corpi particolari è ricondotta a proprietà geometriche della materia estesa che lasciano poco spazio alla definizione di qualità intrinseche e spirituali, semplificano quel ricco apparato laboratoriale fatto di immaginazioni e simboli (ermetici), a cui mancava una teoria chiara e una spiegazione certa. Al tempo stesso, questa riduzione delle qualità alla materia prende la forma del pensare i processi e del conoscere i corpi come effetti di cause materiali. Descartes si limita a descrivere gli aspetti fisici dei corpi, e principalmente la loro formazione come disposizione di parti, senza restituire la complessità delle proprietà chimiche, né ordinare i corpi in un saggio di chimica [10a]. Il mondo è una fabbrica simile al laboratorio di un alchimista, iscritto, però, nella teoria di una fisica meccanica.

Oltre la chimica. Medicina e terapeutica in Descartes

Anche per quanto riguarda la medicina, la distanza tra gli studi medicali di Descartes e quelli alchemici pare incolumabile. L'alchimia, sulla scia delle opere di Paracelso, aveva sviluppato una medicina nuova rispetto alla tradizione ippocratico-aristotelico-galenica, frutto di una diversa comprensione del vivente. Quattro sono i punti in cui può essere riassunta: il rapporto macrocosmo-microcosmo, fondato su affinità astrologiche con gli organi e i minerali; il ruolo generativo di uno spirito vitale sovrastante la materia; la fabbricazione farmacologica e terapeutica di medicinali minerali; l'esame dei processi metabolici in termini chimici. Descartes, che aveva fondato le scienze sull'ontologia meccanica e sulla continuità tra corpi inerti e viventi, definendo così lo spazio di comprensione del funzionamento fisiologico e la produzione di una terapeutica per curare le funzioni corporee e prevenire l'infermità dell'età, rifiuta totalmente i primi due punti, riducendo la vita al solo corpo, ma sembra accogliere alcuni aspetti degli altri due – si ricordi il giudizio positivo di Descartes sui lavori di Corneliis Van Hogelande, medico alchimista [15, 16]. Per ragioni di spazio, mi occuperò solo del terzo punto, riguardante la produzione di una terapeutica efficace, e tralascierò il quarto, che pure mostra una promettente incrinatura nel testo cartesiano.

Per prima cosa, occorre inquadrare la terapeutica alchemica nella concezione teorica della malattia. Mentre la tradizione medica manteneva l'interpretazione della malattia come uno sbilanciamento umorale, spesso ritenuto un mero ente di ragione, Paracelso aveva inteso la malattia come un evento causato da un corpo materiale corrotto e velenoso; su questa linea, van Helmont attribuirà uno statuto ontologico alla malattia [19, 21]. La prospettiva alchemica è quella di impiegare lo stesso materiale che aveva causato la malattia per curarla, attribuendo pertanto un ruolo benefico a sostanze tossiche (vetriolo, antimonio, mercurio e arsenico) sottoposte a operazioni di laboratorio, e idealmente ricollegate ai *tria prima*. L'alchimia definì queste medicina *spagirica*, evidenziando il lavoro di purificazione materiale.

Nonostante l'uso euristico per comprendere il funzionamento corretto del corpo attraverso esempi di malfunzionamento, una definizione di malattia è assente in Descartes. Egli rifiuta la tradizione medica fondata sul bilanciamento degli umori e le medicine che attribuivano alla malattia una spiritualità. Chiamato a intervenire contro alcune malattie, Descartes ne riduce la condizione alla fisiologia meccanica: la malattia evidenzia una disfunzione fisiologica che occorre studiare dal punto di vista del funzionamento degli organi per sviluppare una terapeutica utile. Esempio decisivo è l'interpretazione della febbre, la malattia per eccellenza della tradizione scolastica. Come alcuni fuochi non naturali, alcune febbri sono dovute all'accumulo di materiale in putrefazione in determinati luoghi del corpo [10c], conseguenza dell'incapacità degli organi di espellere queste parti. Descartes distingue tra l'accumulo di materiale corrotto, la vera e propria malattia da debellare, e la febbre, un momento della cura, in cui il corpo stesso, aumentando il

calore, prova a consumare quel materiale [10a]. La malattia dipende dalla presenza di materiale corrotto e dal malfunzionamento degli organi, ed è definita attraverso la conoscenza delle funzioni corporee. La terapeutica serve per ristabilire la corretta funzionalità degli organi, liberandoli dal materiale nocivo accumulato.

Nonostante questa vicinanza all'interpretazione alchemica della malattia, Descartes rigetta completamente la terapeutica chimica. Egli attacca la pretesa universalità della medicina alchemica, quando scrive alla principessa Elisabetta che «non c'è rimedio che possa servire contro tutti i mali»; e attacca i preparati chimici, ritenuti nocivi. Nel 1639, scrive a Mersenne di non «accordare fede alcuna agli unguenti simpatetici, né di Croll, né degli altri» [10a], riferendosi ai rimedi della *Basilica chymica* di Oswald Croll (ca. 1580-1609), medico e iatrochimico tedesco; ai suoi occhi, l'unguento estratto dai corpi minerali suggerito da questi è più dannoso che efficace. I minerali danneggiano il corpo e servono per casi estremi. L'antimonio e il mercurio, presenti nelle acque della sorgente di Hornhausen presso cui molti si recavano, sono droghe la cui violenza spezza sia i corpi che infestano l'organismo umano, sia l'organismo stesso, mettendolo in pericolo. Il tartaro incide e apre i pori, mentre il mercurio distende e rilassa i nervi, azioni che Descartes, in una nota di un manoscritto intitolato *Remedia et vires medicamentorum*, giudica «pericolose» [10c]. Certo, il vetriolo e il ferro presenti nelle acque di Spa sono un po' meno dannosi, e possono essere impiegati per «ridurre la milza e [...] allontanare la malinconia», scrive a Elisabetta; tuttavia, fa bene la principessa «a non voler usare rimedi chimici [perché nonostante] si abbia una lunga pratica delle loro proprietà, il più piccolo cambiamento nella loro preparazione [...] può mutarne del tutto le proprietà e trasformare le medicine in veleni» [10a].

Rigettando l'uso dei rimedi chimici, Descartes suggerisce una terapeutica inserita nella meccanica fisiologica, e volta a liberare il corpo dalle ostruzioni. Egli predilige l'uso delle piante e dei prodotti naturali, inserendo la farmacologia nella sua filosofia naturale. Gli estratti chimici sciolgono rapidamente le ostruzioni, ma distruggono anche gli organi dei corpi viventi, poiché per eliminare i corpi estranei si servono di altri corpi estranei altrettanto dannosi. Al contrario, la somiglianza (nella formazione come nella fisiologia delle funzioni) tra piante e animali, descritta in una pagina degli *Excerpta Anatomica* in cui Descartes individua una differenza significativa tra i corpi viventi e i corpi inerti nel funzionamento fisiologico [10c], ne limita l'estraneità e permette l'impiego delle piante in una terapeutica efficace.

Conclusioni

Alla critica di chimica e alchimia si accompagna in Descartes l'impiego delle esperienze chimiche di laboratorio per ricostruire le qualità dei corpi. Tuttavia, l'utilità della chimica è piegata alla sua fisica meccanica, e la dimensione euristica della prima è colta solo parzialmente da Descartes. Lo studio della generazione di metalli, minerali e pietre corrisponde alla riduzione delle loro qualità particolari

alle caratteristiche della materia estesa, alla disposizione e alla figura delle piccole parti. Solo in questo senso, ridotta la chimica alla fisica come studio della formazione meccanica dei corpi, «la realizzazione dell'oro con l'arte chimica» [10b] può costituire una conoscenza chiara e distinta.

Anche in ambito medico, Descartes considera impossibile la medicina universale degli alchimisti e deleteria la fabbricazione dei composti chimici. La conoscenza dei corpi inerti, infatti, serve piuttosto a riconoscere l'origine della malattia come presenza di corpi estranei, a riconoscere la potenza purgante dei prodotti minerali, ma a preferire una pratica farmaceutica fondata sulla somiglianza funzionale tra corpi vegetali e animali. Definita dalla fisica meccanica, la forza vegetativa alla base della vita accomuna piante, animali e uomini, fondando così una medicina cartesiana che non si limita alla sola distruzione dei corpi estranei, ma ristabilisce la vita.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aucante, V., 2000. *Descartes. Écrits physiologiques et médicaux*, PUF, Paris.
- [2] –, 2006. *La philosophie médicale de Descartes*, PUF, Paris.
- [3] Baldassarri, F., 2013. *Esperienza e metodo. Descartes e la storia naturale nell'ordine della mathesis*, diss. Parma, 127-207.
- [4] –, 2014. La pietra di Bologna da Descartes a Spallanzani. Sviluppi di un modello scientifico tra curiosità, metodo, analogia, esempio e prova empirica. In: *Nel nome di Lazzaro* (Centro Studi L. Spallanzani, ed.), Pendragon, Bologna, 35-54.
- [5] –, 2015. From Extension to Individual Bodies. Descartes' Complex Theory of Matter. In: *Understanding Matter. Volume 1: Perspectives in Modern Philosophy* (A. Le Moli, A. Ciccotello, ed.), New Digital Frontiers, Palermo, 63-76.
- [6] Bitbol-Hespériès, A., 2009. La vie et les modèles mécaniques dans la médecine du dix-septième siècle. In: *Questions vitales, vie biologique, vie psychique* (F. Monnoyeur, ed.), Kimé, Paris, 47-81.
- [7] Bos, E.J., unpublished. Mercurius Cosmopolita *alias* Andreas von Habernfeld. The Hermetic Response to Descartes.
- [8] Clericuzio, A., 2000. *Elements, Principles, and Corpuscles. A Study of Atomism and Chemistry in the Seventeenth Century*, Dordrecht-Kluwer, Boston-London.
- [9] Debus, A., 1977. *The Chemical Philosophy. Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, Sciences History Publications, New York.
- [10a] Descartes, R., 2005. *Tutte le lettere. 1619-1650* (a cura di G. Belgioioso), Bompiani, Milano: pp. 2347-9; p. 205; p. 225; pp. 803, 825-7; p. 1337; pp. 1237, 1281, 1307; pp. 1521-3, 2301; pp. 1927-1931; pp. 2045, 2061; pp. 1987-9, 2097, 1543; p. 981; pp. 2319, 2361.
- [10b] –, 2009. *Opere 1637-1649* –: pp. 2223, 113; pp. 355-7, 323-329; pp. 1873-5; pp. 2033, 2069-79; p. 1777; p. 2267.
- [10c] –, 2009. *Opere postume 1650-2009* –: p. 685; pp. 443-5, 1163-5, 1173; pp. 1217-9; pp. 1165-7.
- [11] Hedesan, G., 2015. Alchemy. In: *The Occult World* (C. Partridge ed.), Routledge, Abingdon, 552-563.
- [12] Hirai, H., 2005. *Le concept de semence dans les théories de la matière à la Renaissance de Marsile Ficin à Pierre Gassendi*, Brepols, Turnhout.

- [13] Joly, B., 2011. *Descartes et la chimie*, Vrin, Paris. Recensione in *Physis*, 49, 384-387.
- [14] —, 2013. Could a Practicing Chemical Philosopher Be a Cartesian? In: *Cartesian Empiricism* (M. Dobre, T. Nyden, eds.), Springer, Dordrecht, 125-148.
- [15] Maillard, J.F., 1998. Descartes et l'alchimie: une tentation conjurée? In: *Aspects de la tradition alchimique au XVIIe siècle* (F. Greiner, ed.), SEHA-Arché, Paris-Milan, 95-109.
- [16] Matton, S., 1998. Cartésianisme et alchimie: à propos d'un témoignage ignoré sur les travaux alchimiques de Descartes. In: *Aspects de la tradition alchimique*, cit., 111-184.
- [17] Meschini, F.A., 1998. *Neurofisiologia cartesiana*, Olschki, Firenze.
- [18] Newman, W., 2006. *Atoms and Alchemy. Chymistry and the Experimental Origins of the Scientific Revolution*, Chicago University Press, Chicago.
- [19] Pagel, W., 1982. *Joan Baptista Van Helmont. Reformer of science and medicine*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [20] Shapin, S., 2000. Descartes and the Doctor. Rationalism and its Therapies, *British Journal for the History of Science* 33, 131-154.
- [21] Villiers, N. de, sieur de Chandoux, 2013. *Lettres sur l'or potable*, suivies du traité *De la connaissance des vrais principes de la nature et des mélanges* et de fragments d'un *Commentaire sur l'Amphithéâtre de la sagesse éternelle de Khunrath* (S. Matton, ed.), SEHA-Arché, Paris-Milan.
- [22] Webster, C., 2008. *Paracelsus: Medicine, Magic, and Mission at the End of Time*, Yale University Press, New Haven.

ANTONINO DRAGO*

Il chimico-filosofo Charles S. Peirce sulla Tabella di Mendeleieff e sui tipi di inferenza per costruirla

Abstract – Charles Sanders Peirce (1839-1914) began studying at eight chemical science in which he graduated from Harvard with honors. In the same year of Mendeleev's table (1869) he independently published a similar table and in 1892 he proposed a slightly different version of it. The practice and the chemical theory dominated his mind; he considered the valence as one of the most important ideas of the entire science; he built on it a theory of «chemical thinking», then changed in semiotic. He founded a philosophy, pragmatism, which is very close to the chemical method of inquiry; in particular, to their non-deductive inference process. He suggested, beyond the induction, another logical process, the abduction. By disentangling them and by recognizing also the limitation inference, several inference processes are obtained. They are all recognized in the method that Mendeleev declared to have followed when constructing his table. As a result, chemistry is characterized as the unique theory making use of all kinds of inference processes in one theory.

Key words: Peirce, chemist-philosopher, Mendeleev's table, Peirce's innovations, inference processes, abduction, limitation

Riassunto – Charles Sanders Peirce (1839-1914) ha iniziato a studiare a otto anni chimica, scienza nella quale si è laureato ad Harvard con lode. Nello stesso anno della tabella di Mendeleieff (1869) ha indipendentemente pubblicato una tabella simile e nel 1892 ne ha proposto una versione leggermente diversa. La pratica e la teoria chimica hanno dominato la sua mente. Ha considerato la valenza una delle idee più importanti di tutta la scienza; con essa ha costruito una teoria «chimica del pensiero», poi diventata semiotica. Egli ha fondato una filosofia, il pragmatismo, che è molto vicina al metodo di ricerca dei chimici; in particolare al loro metodo non deduttivo. Egli ha suggerito, oltre alla induzione, anche la abduzione. Definendole meglio – e riconoscendo – anche la limitazione, si ottengono diversi tipi di inferenza, che vengono ritrovati tutti nel metodo dichiarato da Mendeleieff nel costruire la sua tabella. Così la chimica viene caratterizzata come la unica teoria che usa tutti assieme i possibili tipi di inferenza in una sola teoria.

* Già del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università «Federico II» Napoli.
E.mail: drago@unina.it

Introduzione su Peirce e la tabella di Mendeleieff

Notizie biografiche su Peirce possono essere trovate su molti libri e siti¹. Non è facile caratterizzare l'uomo Peirce [11]. Figlio unico di un grande papà, molto precoce intellettualmente, geniale, con interessi intellettuali quasi sconfinati, ma studente mediocre, ha svolto una professione da scientifico applicato, ma ha lavorato soprattutto in logica e filosofia, ha scritto idee geniali su argomenti i più vari, ma non ha prodotto libri (salvo uno di esperimenti di fotometria), ha fatto poca carriera universitaria e casomai ne è stato allontanato, ma è stato nominato in molte prestigiose accademie scientifiche e filosofiche; alla fine, per il suo carattere orgoglioso e i suoi costumi eccentrici si è ridotto in miseria quasi volontariamente.

Nel passato pochi studiosi di Peirce hanno dato attenzione alla sua formazione da chimico e alla sua lunga professione di scienziato sperimentale. Ma i suoi scritti richiamano la chimica molte volte, che sarebbe lungo elencare. Il primo libro che fa attenzione a Peirce come un filosofo che è sorto dalla chimica è quello di van Brakel [20, pp. 26-27]; gli dedica una pagina densa di notizie.

I contributi più originali di Peirce riguardano la Tabella di Mendeleieff (= TM)². Ha sostenuto che il suo insegnante universitario di chimica, Josiah Parson Cooke, è stato il precursore di Mendeleieff nel proporre la tabella degli elementi. Ma questa pretesa si è rivelata non valida [15, vol. 8 p. 450].

Peirce stesso si è dedicato molto alla classificazione degli elementi³. Nello stesso anno della pubblicazione della TM (1869) ha indipendentemente (e anonimamente) pubblicato una tabella simile [15, vol. 8, p. 450, pp. 649-650]. Ebbe l'occasione di ricordare la sua pubblicazione (su una rivista di poca diffusione) perché venne richiesto di pronunciarsi sulla pretesa di anticipare a John Alexander Reina Newland la scoperta della tabella. Allora richiamò la sua anticipazione, chiamandosi «un oscuro chimico americano, che, per aver avvertito che una grande scoperta era imminente», aveva deciso di non firmarsi. Come dice il curatore dei suoi *Works*, lo pseudonimo è facilmente riconducibile a lui [15, vol. 8, p. xlix, p. 650]⁴.

È anche interessante il fatto che ne aveva proposto una versione diversa, con pesi atomici variati e con alcuni gruppi modificati [15, vol. 7, pp. 284-285]; egli voleva uniformare la progressione del peso atomico nella tabella mediante l'aggiunta di piccole variazioni algebriche, minori di $2+1/2$, in modo tale che ad ogni passo il

¹ Notizie biografiche dettagliate si trovano ad esempio sul sito [5], in [2] e nell'ottimo articolo su Peirce come filosofo [3].

² [20, p. 26] scrive che come Kant fu impressionato dal lavoro di Lavoisier, così Peirce lo fu dal lavoro di Mendeleieff.

³ Egli ha scritto: «I due anni più appassionatamente laboriosi della mia vita furono dedicati esclusivamente a cercare di accertare qualcosa di certo» sulla «classificazione, o divisione, di questi elementi indecomponibili» [14, p. 143].

⁴ Una riflessione preparatoria della sua anticipazione è lo scritto «The Chemical Theory of Interpretation», *Am. J. of Sciences and Arts*, 2 ser., 35 (1963) 78-61 [15, vol. 1, pp. 95-100].

salto del numero atomico fosse lo stesso. L'idea era sostenuta dal sospetto che i pesi atomici finallora ricavati non erano esatti, per la presenza ignorata di impurità. Dal 1914 la sua idea è stata sorpassata, ma nella stessa direzione, dalla introduzione (Moseley) del numero atomico, che dà salti strettamente uguali, unitari.

Peirce ha anche partecipato alla discussione sul problema se la sequenza degli elementi sia rappresentabile con una funzione matematica [16, pp. 110-111].

La mentalità da chimico di Peirce

Giunto a quasi cinquant'anni, egli scrisse, come sua prefazione autobiografica ad un libro rimasto non pubblicato, la sua vita intellettuale e le sue concezioni filosofiche:

Il lettore ha il diritto di sapere come si sono formate le idee dell'autore... Dal tempo che io ho cominciato a pensare fino ad ora, circa quarant'anni, mi sono occupato diligentemente e incessantemente dello studio dei metodi di ricerca, sia quelli che sono stati e tuttora sono utilizzati, sia quelli che si dovrebbero utilizzare. Per dieci anni... sono stato formato in un laboratorio di chimica. Ho appreso non solo tutto ciò che allora si conosceva di fisica e di chimica, ma anche la maniera con cui procedevano coloro che riuscivano a far progredire le loro conoscenze. Ho dato molta attenzione ai metodi della maggior parte delle scienze esatte, ho avuto una familiarità intima con le più grandi menti dei nostri tempi nella scienza fisica, ed ho dato contributi positivi – nessuno dei quali forse è di grande importanza – in matematica, gravitazione, ottica, chimica, astronomia, ecc... Mi sono saturato da capo a fondo con lo spirito delle scienze fisiche. Sono stato un grande studioso di logica...

Perciò in breve la mia filosofia può essere descritta come il tentativo di un fisico [leggi: scienziato] di avanzare congetture sulla costituzione dell'universo così come lo può permettere la scienza, [ma anche] con l'aiuto di tutto ciò che è stato fatto dai filosofi precedenti... [2].

In effetti egli è stato formato soprattutto come chimico analitico, non sintetico; quindi doveva continuamente formulare ipotesi da verificare⁵. Il pensiero di Peirce ha il carattere fondamentale del chimico perché quando nei suoi scritti filosofici mette a confronto una ipotesi con dati sperimentali, la concepisce sempre senza associarla alla matematica; questo atteggiamento è tipico del chimico del suo tempo (e oltre), non del fisico, che dal tempo di Galilei era abituato a considerare in più la matematica.

Egli si rivela chimico piuttosto che fisico in un punto cruciale della sua filosofia, la concezione della attività della mente umana. Discutendo della capacità logica di ragionare delle macchine egli dice che essa dipende solamente dalla combina-

⁵ Seibert [2] ha studiato dettagliatamente l'origine storica della sua formazione da chimico, mettendola in relazione con la sua mentalità e la sua filosofia. Per altri particolari rimando al suo scritto, in particolare al par. 4.

zione delle operazioni che vengono compiute dalla macchina; ma questa capacità non è specifica delle macchine di calcolo, ma di tanti sistemi di strumenti, anche se questi sistemi usualmente non vengono concepiti come macchine e tanto meno come macchine logiche. Infatti la mente umana ha le sue limitazioni, ma se aiutata da «carta e penna» (da intendere come qualsiasi sistema di strumentazione) può superare ogni limite di intellettualità:

La mente da sola è anche limitata in questo e in altri aspetti; ma la mente che lavora con una matita e con carta in abbondanza non ha tali limitazioni.

Allora, non è una maniera di dire quella di affermare che gli alambicchi e le cucurbite del chimico sono strumenti di pensiero, o macchine logiche [15, vol. 4, pp. 169].

In un altro scritto egli nota che la maniera di lavorare della mente è come quella di un ragazzo (forse si ricorda della sua prima esperienza da chimico?) che gioca con un laboratorio di chimica, non quella dello speculare in astratto:

gli esperimenti sono molto più efficienti sulla base della loro per così dire impresività, sulla base del maggiore shock ai sensi del ragazzo che essi comunicano... il ragionamento è una attività dell'organismo fisiologico [con tutta la strumentazione che esso usa] sotto il governo della ragione, e non è confinato esclusivamente dentro «la mente» [18, p. 214]⁶.

Per chiarire questa sua mentalità, ricordiamo che per superare la pretesa di una razionalità che sarebbe unica per tutte le scienze, per tutti gli scienziati e per tutti i tempi gli storici hanno introdotto l'idea di «stile scientifico» [6] [13, pp. 178-199]. Una storica ha proposto l'uso di questo concetto per caratterizzare il pensiero dei chimici. Certamente si può parlare di uno *stile scientifico della chimica* perché i chimici hanno mantenuto una identità netta, nonostante innovazioni radicali nelle loro teorie e anche invasioni di campo da parte ad es. della fisica [1, pp. 365-368]. Questo stile dei chimici non è, come sembra ai fisici, «strano» in quanto non fa uso intensivo della matematica; ma ha una sua precisa identità, perché è caratterizzato innanzitutto dalle pratiche di laboratorio, nel senso che esse determinano sia le questioni che i chimici pongono alla natura, che le loro maniere di risolvere tali questioni. Più precisamente, questo stile ha tre caratteristiche:

1) una specifica maniera di conoscere attraverso il fare; infatti, i laboratori restano i luoghi privilegiati dei chimici, dove essi producono sia le sostanze che la teoria; le loro conoscenze sulla natura avanzano in quanto compiono, con l'analisi e la sintesi di sostanze materiali, artefatti di laboratorio;

2) il fare attenzione agli specifici individui piuttosto che alla materia in astratto; perciò con le loro attività di laboratorio essi sviluppano una loro specifica

⁶ Anche quando deve confrontare professioni scientifiche egli sceglie non quella più famosa e gloriosa nell'ambiente scientifico, il fisico, ma il chimico, che viene contrapposto al matematico [14, pp. 5-6].

maniera di teorizzare e loro specifiche concezioni della materia; in particolare, la loro concezione degli atomi del XIX secolo differiva molto da quella metafisica degli antichi filosofi Greci, come pure dalle concezioni poi sviluppate nella fisica atomica;

3) il coinvolgimento specifico nella natura così come essa è: come interrelazioni e non come sua relazione ad entità astratte (matematizzate) che si riferiscono non a «costituenti» la natura, ma ad «agenti» della natura; per cui la concezione della materia è di tipo strumentale e la si ricava mediante processi operativi attivi che trasformano la realtà.

Allora è evidente che Peirce partecipa questo stile scientifico dei chimici, perché addirittura ne ha fatto il metodo della sua filosofia, che giustappunto lui ha chiamato «pragmatismo», un concetto molto vicino all'operativismo. Di fatto questa filosofia viene definita con la «massima» del pragmatismo, che sembra sia stata presa dalla pratica dei chimici di concepire che cosa è l'atomo:

Considera quali sono gli effetti pratici che pensiamo possano essere prodotti dall'oggetto di nostra concezione. La concezione di tutti questi effetti è la concezione dell'oggetto [16, p. 135].

A che cos'altro si riferisce l'intero insegnamento della chimica oltre al comportamento dei diversi possibili tipi delle sostanze materiali? E in che cosa questo comportamento consiste oltre che, se una sostanza di un certo tipo è esposta ad un agente di un certo tipo, dovrebbe conseguire un certo tipo di risultato misurabile secondo le nostre precedenti conoscenze. Nient'altro che questo può essere *inteso* quando si dice che un oggetto possiede un certo carattere: questa è precisamente la posizione del filosofo pragmatista [15, vol. 8, 5.458].

Anche la sua classificazione delle conoscenze umane poneva la chimica in un ruolo privilegiato e la fisica in più luoghi, di importanza inferiore, a seconda dell'oggetto di studio [15, vol. 8, p. 274]. Perciò possiamo dire che la pratica e la teoria chimica hanno dominato la sua mente.

Chimica e filosofia in Peirce: teoria del pensiero come teoria chimica alla Mendeleieff

Forse per il suo stile di chimico che non si basa tanto sulla matematica, Peirce ha fatto molta attenzione invece ai processi del pensiero. Per lui ad es. era di grande importanza una caratteristica peculiare della chimica, indicata prima nel punto 3): le relazioni tra enti simili, cioè gli elementi, o le sostanze; un tipo di relazione che in Fisica è usato poco (ad es., una forza tra due corpi) o in maniera astratta (funzioni matematiche tra grandezze fisiche). Perciò egli ha considerato la valenza, la basilare relazione tra atomi, come una delle idee più importanti di tutta la scienza⁷. Tanto che con essa ha costruito una teoria, chiamata da lui «chimica

⁷ [20, p. 26] ricorda che già prima Hegel aveva sostenuto questa idea.

del pensiero». Come gli atomi si combinano tra loro per formare molecole, così anche le idee possono combinarsi tra loro secondo specifiche «valenze», per formare proposizioni.

Da qui nasce il suo problema analogo a quello di Mendeleieff: caratterizzare tutti gli elementi costitutivi dei pensieri, detti da lui faneroni⁸. Di fatto, le combinazioni dei faneroni a due sono le più importanti, perché le altre sono ottenibili per ripetizione di queste. In termini matematici, un fanerone può essere associato ad una funzione $y=f(x)$, e ogni altra funzione più complessa può essere composta dalla composizione di funzioni: $f(g(b(...)))$. In questo senso prevale il gruppo che nella tabella di Mendeleieff è il II. È stato dimostrato che da questa fanerochimica è nata la semiotica o teoria dei segni, ora una scienza accademicamente riconosciuta e molto sviluppata [19].

La sua attenzione ai processi di pensiero lo ha anche portato a studiare molto la logica e in particolare i processi logici di argomentazione. Egli fa parte di quel gruppo di scienziati che nella seconda metà dell'800 ha fatto rinascere la logica, che allora è diventata logica matematica. Egli ne ha dato contributi tra i più importanti, ma restando sul crinale tra l'informale e il formale. Sul lato dell'informale è importante soprattutto la sua riflessione sui tipi di ragionamento che può compiere la mente umana su dati, ipotesi, teorie. Ovviamente considera il classico ragionamento deduttivo, tipicamente rappresentato dalla geometria di Euclide, e organizzato allora con i sillogismi di Aristotele. Ma ha avuto il coraggio intellettuale di studiare approfonditamente tutti i modi di ragionare di tipo inventivo. Questa novità è molto interessante, perché la chimica ha un suo metodo di ragionare che non è certamente solo deduttivo.

Egli ha riconosciuto, oltre la induzione, un altro processo logico, la abduzione. Per tutta la vita egli ha cercato di definirla al meglio, ma senza riuscirci; per cui tuttora si discute molto su che cosa l'abduzione rappresenti, benché sia molto utilizzata nelle diagnosi mediche e nella teoria dei computer [10]. I suoi suggerimenti sulle varie maniere di ragionare sono stati molteplici e variabili nel tempo. Comunque le ha esemplificate in maniere molto semplici: ragionamenti su palline estratte da urne e sillogismi; solo una volta ha scritto sui processi logici connessi con il caso più complesso della TM [16, pp. 111-114], ma ha parlato solo della qualità che debbono avere le ipotesi e delle loro conseguenze.

D'altra parte egli valutava la TM come una impresa eccezionale nella storia della scienza:

La sua meravigliosa e brillante concezione dello schema, come anche la sua chiara percezione della sua evidenza, è dimostrata dalla audace e formale descrizione che ha fornito

⁸ L'aver avuto come base la nascita della chimica è stato il grande vantaggio di Peirce rispetto a Leibniz, che aveva concepito per primo questo progetto: «L'esigenza di un alfabeto del pensiero, che deve renderci possibile la costruzione di tutta quanta la conoscenza sulla base di un numero relativamente piccolo di elementi relativamente semplici, costituisce il punto di partenza della filosofia leibniziana» [4].

proprietà dei molti elementi allora sconosciuti, ma necessari per riempire gli spazi vuoti; e poi è dimostrata dalla trionfale verifica delle predizioni, specialmente quella che sembrava la più selvaggia e improbabile di tutte – quella relativa al Gallio. Pochissime induzioni della intera storia della scienza sono degne di essere paragonate, come sforzi della ragione, con questa... In tutte le branche della fisica, le induzioni che riguardano le leggi periodiche degli elementi sono le più difficili da stabilire; e il perseguire le indicazioni della periodicità porta anche la mente più prudente ad una caccia all'anatra selvaggia. Eppure come rapidamente e completamente la legge periodica della chimica è stata posta fuori di ogni dubbio [15, p. 285]!

In più Peirce ha riconosciuto la TM come luogo di ragionamento. Ad es., nel 1883: ha scritto:

«Lezione XLVII. / La induzione *pura* illustrata dalla teoria classica degli elementi. La legge di Mendeleieff» [15, vol 4, p 489].

E poi:

Solo Mendeleieff ebbe la sagacità di discernere il vero schema delle relazioni; in ciò egli fu aiutato dal suo profondo studio delle relazioni tra le loro proprietà generali [15, p. 285].

D'altra parte questa sagacità è rimasta molto difficile da riconoscere col metodo che hanno seguito finora tutti gli storici: ricostruirle sulla base delle successive pubblicazioni dei risultati di Mendeleieff. Ad es. Scerri scrive:

è difficile arrivare ad una rappresentazione chiara e dettagliata delle sue motivazioni e anche dell'andamento del suo pensiero [17, p. 104].

I processi argomentativi attribuibili a Peirce applicati alla formulazione della Tabella da parte di Mendeleieff

Un precedente lavoro ha seguito un metodo diverso, quello di studiare le premesse teoriche di Mendeleieff; ha stabilito che egli ha scelto non l'organizzazione deduttiva della teoria, ma quella basata su un problema, e non la logica classica ma quella intuizionista [8]. Nel seguito si esaminerà in che senso i diversi tipi di inferenze che si possono trovare in Peirce possano interpretare come Mendeleieff abbia formulato la TM.

Da un esame complessivo dell'opera di Peirce, due miei lavori hanno dimostrato che sia la induzione che la abduzione in effetti debbono essere disarticolate in più tipi di inferenze; e che un ulteriore tipo, basato sulla limitazione, era rimasto ignorato [7, 9]. Quindi sono riconoscibili sette tipi di inferenze di Peirce: 1) Inferenza induttiva secondo un processo di limite approssimativo sui numeri razionali, ovvero un limite di matematica costruttiva (la quale cioè usa solo l'infinito potenziale); 2) Induttiva secondo un processo di limite che ottiene sistematicamente il risultato finale (cioè secondo un processo idealistico che usa l'infinito in atto); 3) Ricorsiva-deduttiva; 4) Limitativa, dovuta a, come lui le chiama, «incapacità» o «impotenze» del pensiero; 5) Abduttiva, come (prendendo la parola dall'analogo

processo in computer science) un «oracolo» che dà il valore di un parametro; 6) Abduittiva come oracolo della migliore ipotesi; 7) Abduittiva come oracolo della ipotesi decisiva per costruire una teoria; questa usa quello che ho chiamato il «Principio di Peirce» [7], che è stato formulato da Peirce al seguente modo:

Il fatto sorprendente C viene osservato.

Ma C sarebbe normale se A fosse vero.

Allora esiste una ragione per sospettare che A sia vero [14, vol 5, p. 117].

È ovvio che poi si esplori la ipotesi A⁹.

Nel seguito applico i suddetti sette tipi di inferenza alla costruzione della TM, ma secondo un ordine che si adatta meglio al possibile percorso che ha seguito Mendeleieff nel costruire la sua tabella.

Induttiva di un valore limite sui razionali. Si ha quando si considerano le serie dei dati relativi alla determinazione sperimentale del valore di un parametro di un elemento, ad esempio il peso atomico. Allora si hanno tanti risultati sperimentali, dai quali occorre indurre il valore cercato. Siccome il risultato di ogni misurazione è solo un numero razionale, perché rappresentato da cifre decimali troncate ad una certa approssimazione massima significativa, il valore cercato è solamente approssimato. Mediante ciò ogni elemento è caratterizzato da una serie di proprietà chimico-fisiche.

Ricorsiva-deduttiva. In chimica corrisponde alla ipotesi di Prout: ogni elemento può essere ottenuto come multiplo di uno stesso elemento (idrogeno). Quindi gli elementi 1) possono essere posti in serie, ad es. dei pesi atomici; 2) la loro serie è espressa con una regolarità intrinseca data da una serie simile a quella dei numeri naturali. In particolare, per determinare il peso atomico occorre ricavarlo dal peso equivalente dividendolo per una valenza spesso poco chiara (benché intera): altra operazione sui razionali. In effetti nella TM il parametro *peso atomico* ha espresso questa ricorsività, anche se in una maniera irregolare; poi il parametro *numero atomico* (e poi *il numero degli elettroni*) darà la esatta ricorsività (seppur di tipo elementare).

Limitativa. Peirce in alcuni scritti ha espresso con molta chiarezza un argomento basato su limitazioni. La *valenza* ha questo ruolo: non è possibile considerare omologhi due elementi con valenze differenti. Ovviamente, rispetto alle diverse valenze che un elemento può avere, si tratta della valenza base. Con ciò si definiscono le barriere al cui interno ci sono i singoli gruppi chimici. È sulla similarità di elementi con la stessa valenza che Mendeleieff ha avuto «la cruciale scoperta» [17, p. 105, p. 119]; poi l'ha coniugata con la precedente progressione di tipo ricorsivo.

⁹ La mia interpretazione è originale perché mette in rilievo che Peirce nell'ultima frase dice «sospettare» e non «è vera». Hanson [12, p. 93] ci va vicino perché salta subito alla conclusione applicativa: «c'è una buona ragione per elaborare una ipotesi del tipo suddetto».

Ricorsiva-deduttiva. È lo stesso tipo di inferenza di prima, ma ora è applicato ad un numero finito di elementi racchiuso dalle barriere delle valenze differenti. È la legge della periodicità, che è così importante per tutti gli elementi da caratterizzare da sola la intera tabella.

Abduttiva come oracolo della migliore ipotesi. Essa riguarda il problema se gli spazi rimasti vuoti abbiano senso o no. Dando loro senso, si enuncia implicitamente un ragionamento per assurdo: la realtà materiale sarebbe assurda se ammettesse questi vuoti. Allora l'abduzione è l'inferenza che porta all'ipotesi che nella sequenza degli elementi, in corrispondenza a quel posto, ci dovrebbe essere un ulteriore elemento. Il nuovo elemento deve avere caratteristiche simili a quelle degli elementi suoi vicini.

Abduttiva come oracolo di una ipotesi decisiva per una teoria. Essa riguarda la intera tabella; determina la completezza della teoria. Qui si applica (non tanto il principio di ragione sufficiente, ma) il principio più specifico di Peirce, detto dianzi. Quindi si passa alla previsione di nuovi elementi.

Abduttiva, oracolo di un dato. Essa avviene quando si cerca di indurre il valore di un parametro dell'elemento sconosciuto, con calcoli di media che riguardano più elementi contigui. Tutte le *analogie* di Mendeleieff, formulate mediante la media su triadi o ottave di elementi, sono abduzioni di questo tipo. È ovvio che il numero indicato è ottenuto a partire dai numeri razionali, ma è anche chiaro che il risultato deve avvicinare un valore sconosciuto che potrebbe essere anche un numero irrazionale; quindi alla fine viene affermato un principio di esistenza di quel numero a cui il numero ottenuto è molto vicino. Quindi questo tipo di inferenza può essere considerato sia come una abduzione oracolo, se si vedono i valori di quegli elementi, senza valori intermedi; oppure come induttivo al limite, se li si vede secondo una parametrizzazione continua dei valori degli altri atomi.

Questa sequenza di processi inferenziali è molto vicina a quella che Mendeleieff, riflettendo sul suo metodo, scrisse nella sua prima pubblicazione in merito. La riporta Scerri [17, p. 109-110]:

1. Gli elementi, se organizzati secondo i pesi atomici, mostrano una evidente *periodicità* delle proprietà [ricorsione-deduzione].

2. Elementi che sono simili rispetto alle loro proprietà chimiche hanno pesi atomici che sono o quasi uguali (ad es., Platino, Iridio, Osmio, ecc.) o che aumentano regolarmente (ad es., Potassio, Rubidio, Cesio) [induzione approssimativa].

3. L'organizzazione degli elementi, o dei gruppi di elementi, nell'ordine dei loro pesi atomici, corrisponde alle loro cosiddette *valenze*, come pure, in qualche misura, alle loro proprietà chimiche caratteristiche – come è chiaro tra altre serie – in quella di Litio, Berillio, Boro, Carbonio, Azoto, Ossigeno e Ferro [principio di limitazione].

4. Gli elementi che sono più diffusi hanno *piccoli* numero atomici.

5. Il *valore* del peso atomico determina il carattere degli elementi, proprio come il valore della molecola determina il carattere di un composto.

6. Ci si deve aspettare la scoperta di molti elementi ancora *sconosciuti*, per esempio elementi analoghi all'alluminio e al silicio, il peso atomico dei quali dovrebbe essere tra 65 e 71. [ragionamento per assurdo; applicazione del principio di Peirce; abduzione della migliore ipotesi]

7. Il peso atomico di un elemento può essere talvolta corretto dalla conoscenza degli elementi contigui. Perciò il peso atomico del Tellurio deve stare tra 123 e 126, non può essere 128 [abduzione dati].

8. Certe proprietà caratteristiche degli elementi possono essere predette dai loro pesi atomici. [induzione idealistica o abduzione dati]

Abbiamo ottenuto che sei processi inferenziali, riferibili a Peirce e anche alla sua abduzione, spiegano i processi inferenziali con i quali la TM può essere stata formulata logicamente; essi in buona misura corrispondono a quelli dei quali ha avuto coscienza Mendeleieff nel suo comporla.

La seguente tabella riassume i collegamenti suggeriti.

Tabella: *Corrispondenza tra i tipi di inferenze di Peirce e quelli individuabili nella Tabella di Mendeleieff*

Principi di Mendeleieff	Tipi di inferenze di Peirce	Principi primi fisici
Peso atomico di un elemento ricavato dai dati sperimentali	Induzione (approssimativa)	Limite approssimato su razionali (costruttivo) (Fisica sperimentale)
Serie ordinata dei pesi atomici degli elementi (Prout)	Ricorsione-deduzione	Causalità-deduzione (Optica geometrica, Meccanica di Newton)
Valenza che limita i gruppi degli elementi	Impotenza	Limitazione (Es. Impossibilità del moto perpetuo; Termodinamica)
Periodicità delle proprietà degli elementi	Ricorsione-deduzione	Causalità
Completezza della tabella	Abduzione (come Principio di Peirce)	Principio di ragione sufficiente (Soluzione del problema basilare)
Migliore ipotesi di nuovo elemento	Abduzione (come oracolo della migliore ipotesi)	Esistenza (raggio di luce in Ottica geometrica, campi in Elettromagnetismo)
«Analogia»: media sulle proprietà di più elementi vicini	Abduzione come oracolo di un dato o anche come Induzione idealistica	Limite (classico) di una serie ad un numero reale. Estremante

Nella terza colonna ho aggiunto una altra esemplificazione dei tipi di inferenza attribuibili a Peirce: essa, benché sia quasi sempre all'interno di una matematizzazione, può rendere più intuitivi i processi di ragionamento attraverso i corrispondenti principi fisici.

Conclusioni

Nella storia del pensiero scientifico la chimica classica rappresenta il risultato di un formidabile lavoro intellettuale che ha utilizzato tutti i possibili tipi di inferenza per ottenere un risultato sull'incognito, gli elementi della materia. La costruzione di questa teoria ha richiesto tutti i tipi di inferenza assieme. È ammirevole che Mendeleieff li abbia gestiti probabilmente tutti e che ne abbia saputo riconoscere con parole sue sei su sette.

Questi strumenti logici si trovano anche in Fisica teorica, ma solo qualcuno di essi in una data teoria (vedasi la terza colonna della precedente tabella). Allora allo stile della razionalità dei chimici occorre aggiungere un'altra specifica caratteristica molto interessante: le loro sette maniere di ragionare. Essi sono formati a ragionare a tutto campo; mentre invece i fisici, forti dell'uso della matematica, in ogni teoria si limitano ad alcune maniere di ragionare solamente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bensaude-Vincent B., 2009. The Chemists' Style of Thinking. *Berichte Wissenschaftsgeschichte*, 32, pp. 365-368.
- [2] Brent J., 1998. *Charles Sanders Peirce: A life*. Indiana U.P., Bloomington, pp. 16-17.
- [3] Burch R., 2014. Charles Sanders Peirce. In: *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (E.N. Zalta ed.) <http://plato.stanford.edu/entries/peirce/>
- [4] Cassirer E., 1996. *Storia della Filosofia Moderna*. Laterza, Bari, vol. II, p. 169.
- [5] Centro Studi Peirce di Milano: <http://www.filosofia.unimi.it/peirce/index.php/it/cronologia>
- [6] Crombie A., 1994. *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition*. Duckworth, London.
- [7] Drago A., 2013. A Logical Model of Peirce's Abduction as Suggested by Various Theories Concerning Unknown Entities. In: *Model-Based Reasoning in Science and Technology. Theoretical and Cognitive Issues* (L. Magnani ed.): Springer, Berlin, pp. 315-338.
- [8] Drago A., 2014. Il ruolo del sistema periodico degli elementi nel caratterizzare la chimica classica come teoria scientifica, *Epistemologia*, 37 (2014) pp. 37-57.
- [9] Drago A., 2016. Defining Peirce's Reasoning Processes against the Background of the Mathematical Reasoning of Computability Theory, in: *Model-Based Reasoning '15*. (L. Magnani ed.) (in press).
- [10] Flach P.A., Kakas A.C. (ed.), 2000. *Abduction and induction: essays on their relation and integration*. Kluwer, Dordrecht.
- [11] Gallie W.B., 1996. *Introduzione a Peirce e il pragmatismo*. Barbera Universitaria, Firenze, pp. 30-34.

- [12] Hanson N.R., 1960. Is there a Logic of scientific discovery? *Australasian Journal of Philosophy*, 38, no. 2, pp. 91-106.
- [13] Hacking J., 2002. «Style» for Historians and Philosophers. In: *Historical Ontology*, Harvard U.P., Cambridge.
- [14] Peirce C.S., 1958. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. (A. Burks ed.), Cambridge U.P., Cambridge.
- [15] Peirce C.S., 1982. *Writings of C.S. Peirce*. Indiana U.P., Bloomington.
- [16] Peirce Edition project, 2010. *The essential Peirce. Selected Philosophical Writings*, vol. II 1893-1913, Indiana University Press, Bloomington.
- [17] Scerri E.R., 2007. *The Periodic Table. Its Story and Its Significance*. Oxford U.P., Oxford.
- [18] Seibert C., 2001. Charles Peirce's Head Start in Chemistry. *Foundations of Chemistry*, 3, pp. 201-226.
- [19] Tursman R., 1989. Phanerochemistry and Semiotic, *Transactions of Charles S. Peirce Society*, 25, 4, pp. 453-468.
- [20] van Brakel J., 2001. *Philosophy of Chemistry. Between the Manifest and the Scientific Image*. Leuven U.P., Leuven.

FABIANA FRAULINI*

L'attività letteraria e filologica di Francesco Selmi chimico, patriota e politico

The philological and literary activity of Francesco Selmi: chemist, patriot and politician

Summary – The scientific activity of Francesco Selmi (1817-1881) combines with a notable work of philological and literary research, that he judged extremely relevant. While he was teaching as Professor of Pharmaceutical Chemistry and Toxicology at the University of Bologna, Selmi worked not only in the industry of toxicology chemistry, curating the monumental *Enciclopedia di chimica scientifica e industriale*, but participated also to the activities of the Deputazione di Storia Patria per le Provincie Modenesi and the Regia Commissione per i Testi di Lingua, organizations which both he contributed to establish. Moreover, he gave a substantial contribution to the commemoration (1865) of the six-hundred-years from Dante Alighieri's birth: searching information about Dante's codex in all Italian libraries; printing unpublished works, and drawing up important interpretative essays. The primary role given to literary and philological inquiries by Selmi arises from the certainty that studying Italian language, history and literature is a relevant civil allegiance, necessary to the social and cultural development of the Peninsula which, at that time, had just obtained its political and geographical unification.

Riassunto – L'attività scientifica di Francesco Selmi (1817-1881) si intreccia ad un considerevole sforzo di ricerca filologica e letteraria, cui egli attribuisce la massima rilevanza. Nel periodo in cui ricopre la cattedra di Chimica Farmaceutica e Tossicologica presso l'Università di Bologna, Selmi affianca agli studi di chimica tossicologica e alla cura della monumentale *Enciclopedia di chimica scientifica e industriale* un'intensa partecipazione alle attività della Deputazione di Storia Patria per le Provincie Modenesi e della Regia Commissione per i Testi di Lingua, istituzioni che lui stesso ha contribuito a fondare. Egli dà inoltre un notevole contributo alle celebrazioni per i seicento anni dalla nascita di Dante Alighieri (1865), ricercando nelle biblioteche di tutta Italia informazioni su codici di opere dantesche, pubblicando inediti e stendendo rilevanti saggi interpretativi. L'importanza attribuita da Selmi alle indagini di natura letteraria e filologica nasce dalla convinzione che lo studio della lingua, della storia e della letteratura italiane si configuri come un rilevante impegno civile, impre-

* Dipartimento di Diritto, Economia e Culture, Università degli Studi dell'Insubria.
E.mail: ffraulini@uninsubria.it

scindibile per lo sviluppo sociale e culturale della Penisola, che a quel tempo ha raggiunto da poco la sua unità politica e territoriale.

Parole chiave: Francesco Selmi, studi danteschi, «Rivista Contemporanea».

Introduzione

Più di un secolo fa, Giovanni Canevazzi scriveva che Francesco Selmi «fuori dal campo scientifico è immeritevolmente ignorato, o imperfettamente conosciuto» [1, p. 10]. Questo giudizio non è stato scalfito dal tempo, e a tutt'oggi gli sforzi che Selmi profuse nel campo letterario e nell'attività politica non sono oggetti di studio. Il presente contributo si propone di colmare, almeno parzialmente, tale lacuna, e di gettare nuova luce su alcuni aspetti poco conosciuti della poliedrica personalità di questo importante scienziato, patriota, letterato e uomo politico italiano.

L'Iconografia dei celebri vignolesi e i primi lavori letterari

Nato il 7 aprile 1817 a Vignola (cittadina facente allora parte del Ducato austro-estense di Modena), Francesco Selmi compie i propri studi presso l'Università di Modena, dove, nel 1839, consegue il Diploma di Maestro in Farmacia. Tra il 1839 e il 1842 è Direttore del laboratorio chimico-farmaceutico della Società Farmaceutica di Modena. Nel 1842 il giovane scienziato diventa Sostituto alla Cattedra di Chimica nel Liceo di Reggio Emilia; dal 1844 è Professore Effettivo, incarico che manterrà fino al 1848, e, in questo periodo, nonostante la scarsità di mezzi e di strumentazioni, svolge importanti ricerche che pongono le basi della chimica dei colloidi. Si dedica inoltre alla chimica biologica, studiando in particolare la coagulazione del latte, e partecipa alle Riunioni degli Scienziati Italiani, presentando memorie scientifiche¹.

In questi anni, vengono pubblicati i primi lavori letterari di Selmi, appartenenti principalmente al genere della biografia: egli compone infatti brevi ritratti che escono in riviste come il «Giornale scientifico letterario modenese», il «Museo scientifico letterario ed artistico» e le «Memorie di religione, morale e letteratura». Mentre alcuni contributi sono dedicati alla vita di personaggi che possono fornire modelli di virtù morali, la maggior parte delle biografie risponde invece a esigenze principalmente politiche. La consapevolezza, fortemente sentita, della situazione di decadenza che connota la Penisola spinge infatti Selmi a ricercare nel passato esempi di individui che, a dispetto delle difficoltà, si distinsero nei vari campi dello scibile e riuscirono, con le loro opere e le loro azioni, a dare lustro all'Italia nel corso dei secoli. Massimo esempio di tale genere è *l'Iconografia dei celebri vignolesi*,

¹ Per quanto riguarda la vita di Selmi, si rimanda in particolar modo a [1, 5, 7, 8].

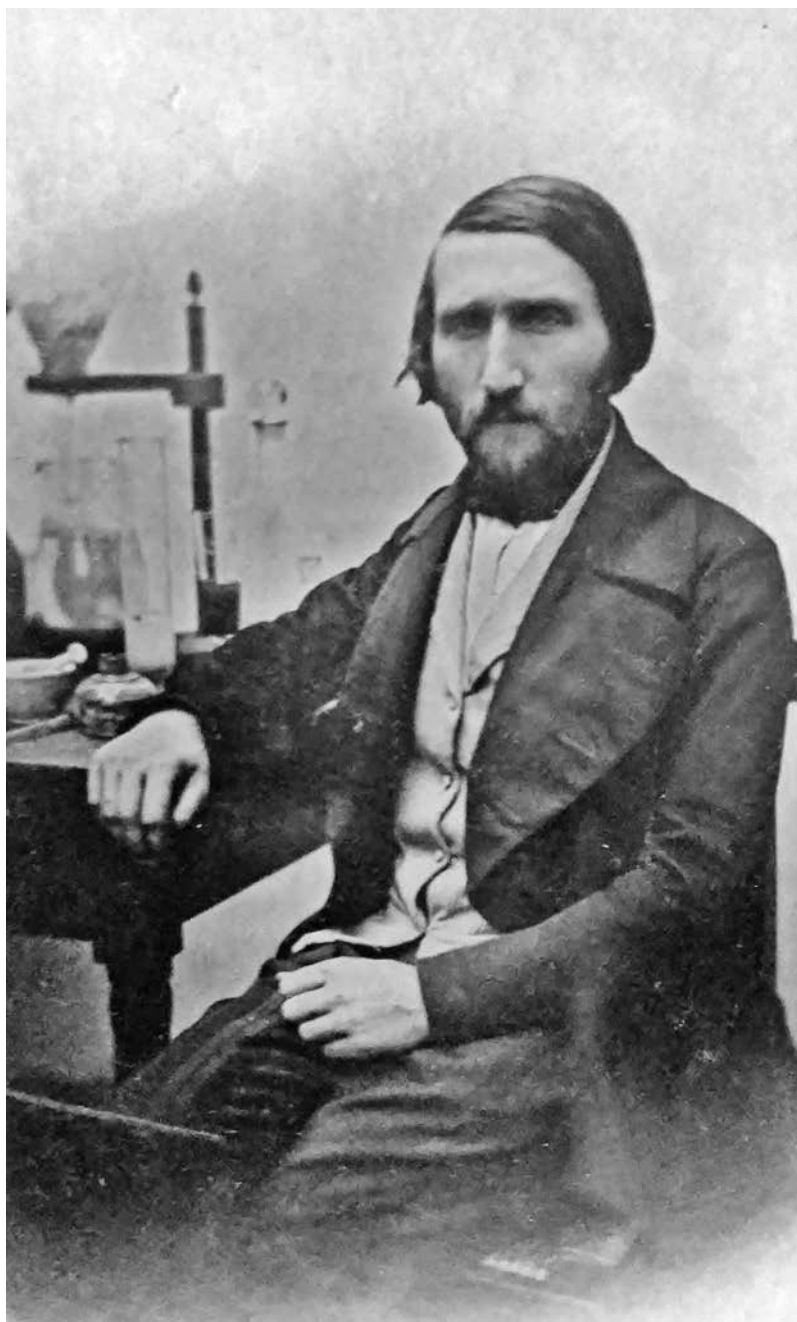


Fig. 1. Francesco Selmi nel 1847.

opera collettanea costituita di sette profili bio-bibliografici che Selmi cura nel 1839 [9]². Contemporaneamente alla stesura di questi testi brevi, comincia a scrivere diversi romanzi e racconti, molti dei quali rimangono ancora oggi inediti³.

Il 1848 rappresenta un anno di svolta per Selmi. In marzo, risulta essere tra gli animatori dell'insurrezione scoppiata a Reggio Emilia, dove fonda il «Giornale di Reggio», quotidiano di tendenza liberale e patriottica. In seguito al fallimento dei moti, è costretto a rifugiarsi a Torino, e fino al 1859 opera nel laboratorio di Ascanio Sobrero, col quale ottiene risultati scientifici di notevole rilevanza, come la scoperta del tetracloruro di piombo. Svolge inoltre, su incarico del governo sabauda, ricerche sulle proprietà fertilizzanti del guano in Sardegna, e nel 1856 inventa la pila a triplice contatto. All'attività scientifica Selmi affianca l'impegno politico: la sua casa a Torino diviene il punto d'incontro degli esuli ed egli, entrato a far parte della Società Nazionale, ha l'incarico di mantenere i rapporti con i patrioti rimasti nei territori austro-estensi⁴. Nel 1859, fuggito il duca Francesco V, Selmi viene incaricato dalla Società Nazionale di recarsi con pieni poteri a Modena, presso il Commissario straordinario Luigi Zini, che ha assunto il governo della città. Nominato presidente del Comitato locale della Società Nazionale, Selmi, insieme a Zini, riesce a stabilizzare la situazione politica.

Gli articoli apparsi nella «Rivista Contemporanea»

Negli anni che vanno dal 1860 al 1867, Selmi ricopre diversi incarichi all'interno del Ministero della Pubblica Istruzione: gli impegni istituzionali lo allontanano dalle indagini scientifiche, ed egli inizia a dedicarsi all'attività di ricerca letteraria e filologica, attività che non rimane mai fine a se stessa, ma che risponde sempre a precise esigenze culturali, etiche e politiche. Realizzatasi l'agognata unificazione dell'Italia, forte resta infatti in Selmi la preoccupazione per la situazione morale, politica e culturale che caratterizza il nuovo regno, preoccupazione che viene ribadita in alcuni articoli pubblicati nella «Rivista Contemporanea» di Torino [13, 14, 17]. In questi contributi, Selmi ricerca nella storia le cause delle allarmanti condizioni in cui versano le lettere e le scienze nella Penisola. Tale approccio si inserisce all'interno di una tradizione di studi tipicamente settecentesca, che interroga la storia alla ricerca dei motivi della decadenza d'Italia. Rifacendosi a questa tradizione, che annovera tra i suoi protagonisti Lodovico Antonio Muratori e Agostino Paradisi *il Giovane*⁵, Selmi individua le ragioni del declino dell'Italia nei

² Due dei profili (Veronica Cantelli Tagliacuzzi e Jacopo Barozzi) sono composti da Selmi.

³ L'elenco delle biografie e delle opere di narrativa che vengono pubblicate nel corso della vita di Selmi si trova in [3]. I manoscritti autografi dei romanzi e dei racconti inediti, che forse meriterebbero una edizione a stampa, sono conservati nel Fondo Selmi, custodito presso la biblioteca di Vignola.

⁴ Relativamente al periodo torinese (1848-1859), cfr. [4, pp. 116-125].

⁵ Personaggi a cui sono dedicate due voci dell'*Iconografia del celebri vignolesi* [9].

lunghi secoli di dominazioni straniere che flagellarono la Penisola, ed esorta il governo ad attuare uno sforzo riparatore capace di far tornare grande e stimata l'Italia nel consesso civile e intellettuale europeo. A suo avviso, quest'obiettivo può essere conseguito solamente tramite l'incentivo dello studio della lingua, della letteratura e della storia italiane, che devono costituire il perno intorno al quale costruire l'identità nazionale. Selmi è tuttavia consapevole di quanto sia difficile far sì che questa visione si affermi: molti uomini di governo, ma anche uomini di cultura, ritengono infatti che l'avanzamento dell'Italia debba derivare unicamente dallo sviluppo dell'economia, della scienza, della tecnica e delle infrastrutture. Selmi, convinto dell'assoluta rilevanza dello studio e della conoscenza della lingua italiana nel progetto di rinascita del paese, rifiuta questa concezione e, nel periodo in cui ricopre l'incarico di Segretario generale del Ministero della Pubblica Istruzione per le province dell'Emilia, si fa promotore di istituzioni capaci di incentivare gli studi letterari, storici e linguistici, volti a consolidare la coscienza nazionale. A questo intento va ascritta, in particolare, la fondazione, il 10 febbraio 1860, delle Deputazioni di Storia Patria per le Province Modenesi, Parmensi e Romagnole, aventi come obiettivo lo studio dei documenti del passato. A distanza di poche settimane segue la creazione della Regia Commissione per i Testi di Lingua, che si propone di ricercare i più antichi testi in lingua italiana promuovendone la pubblicazione [6]. Selmi è uno dei membri più attivi di queste importanti istituzioni. Compiendo ricerche nelle biblioteche italiane, egli rinviene, ad esempio, due codici in volgare dell'*Imitazione di Cristo*, uno dei più rilevanti trattati ascetici della storia del Cristianesimo [10], oltre al *Gibello*, anonima composizione poetica in ottave, risalente al XIV secolo, che egli pubblica corredandola di un vasto apparato di note [18]. In questi anni, inoltre, Selmi continua a coltivare il genere della biografia, dando alle stampe la narrazione delle vite degli eroi risorgimentali Emilio e Alfredo Savio [16], dello scienziato Carlo Matteucci [15] e del politico e amico Giuseppe La Farina [19].

Gli studi danteschi e le celebrazioni del 1865

Nello stesso periodo in cui vengono create le Deputazioni di Storia Patria, il ministro della Pubblica Istruzione dell'Emilia Antonio Montanari presenta al dittatore Luigi Carlo Farini la proposta, redatta da Selmi, di fondare cattedre di commento dantesco nelle Università di Bologna, di Modena e di Parma. L'interesse di Selmi relativo allo sviluppo degli studi danteschi risponde alla medesima preoccupazione che lo spinge a sostenere l'istituzione delle Deputazioni. Nel corso del Risorgimento, Dante viene infatti considerato dagli uomini di cultura come il principale unificatore, non solo dal punto di vista linguistico, dell'Italia politicamente divisa, e si iniziano a progettare con congruo anticipo le celebrazioni dantesche del 1865, sesto centenario della nascita del grande fiorentino, celebrazioni che, negli intenti di buona parte della classe dirigente, dovrebbero costituire la prima festa nazionale dell'Italia unita. Convinto che Dante sia «il primo e il più efficace tra i

fattori della presente resurrezione nazionale, dacché la sua parola gridò Italia sei secoli fa, e lungo questi settecent'anni ripeté il santo nome alla mente del numero infinito di coloro che lessero e meditarono quelle pagine eterne» [11, p. 63], Selmi ricerca nelle biblioteche di tutta Italia informazioni sui codici di scritti danteschi, progetta di comporre una *Vita di Dante* e stende notevoli testi dedicati all'interpretazione delle sue opere, saggi che gli procurano una certa fama presso gli studiosi. In più, egli caldeggia la realizzazione di un'edizione nazionale della *Commedia* dantesca, iniziativa che incoraggia specialmente in due articoli, usciti entrambi nella «Rivista Contemporanea»: *Di una edizione della Commedia da pubblicarsi nel sesto centenario della nascita di Dante* [11] e *Di uno studio da fare per l'edizione nazionale della Commedia di Dante Alighieri* [12]. Questa idea è tutt'altro che nuova, essendo stata proposta diverse volte fra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento, ma trova nuova linfa in seno al Governo Provvisorio delle Province dell'Emilia, principalmente grazie al sostegno di Farini, che nel gennaio 1860 commissiona al pittore parmense Francesco Scaramuzza una serie di disegni originali che rappresentino importanti episodi della *Commedia* e che dovranno ornare la nuova edizione. Come si desume leggendo una lettera inviata da Scaramuzza a Selmi, è in realtà a quest'ultimo che si deve la decisione di affidare il gravoso compito all'artista emiliano, il quale impiegherà sedici anni a concludere l'impresa [2, pp. 216-218]. In seguito all'annessione delle Province Emiliane al Regno sabauda, il progetto passa nelle mani del ministro della Pubblica Istruzione, Terenzio Mamiani, il quale affida a Selmi, che in quel momento ricopre l'incarico di Direttore capo della IV Divisione del Ministero, il compito di prendere contatto con i più accreditati dantisti dell'epoca. In un primo momento, Mamiani e Selmi pensano ad una edizione economica della *Commedia*, ma l'idea iniziale viene ben presto modificata perché la casa editrice Pomba ha già avviato un progetto analogo, affidandone la realizzazione a Giuseppe Campi. Il Ministero decide perciò di optare per una edizione di pregio. La scelta del testo e la direzione dei lavori sono affidate al modenese Marco Antonio Parenti, che all'epoca è uno dei più stimati studiosi di Dante. L'edizione promossa dal Ministero, nonostante gli sforzi messi in campo, non riuscirà ad essere compiuta e pubblicata, probabilmente anche a causa della malattia e della morte di Parenti [2, 24].

Dal 14 al 16 maggio 1865, in una Firenze appena diventata capitale del Regno d'Italia, si tengono le commemorazioni dantesche nazionali. Selmi partecipa, in qualità di rappresentante sia del Municipio di Modena sia della R. Deputazione di Storia Patria per le Province Modenesi, alle celebrazioni, che hanno come momento culminante l'inaugurazione del monumento a Dante in piazza Santa Croce. In una lettera, egli così scrive alla moglie: «Oggi fu il primo giorno della festa, la quale fu bellissima e di grande commozione. Tutta l'Italia era rappresentata da' suoi uomini di lettere e dai più reputati cittadini dei diversi paesi, convenuti dall'uno capo all'altro. Quando, raccolti nella piazza di S. Spirito, ci incontravamo, e ci riconoscevamo di tante provincie poc'anzi separate ed ora congiunte, spuntavano le lagrime agli occhi» [1, p. 71].



Fig. 1. Francesco Selmi.

I Trattati morali di Albertano da Brescia

Nel 1867 la carriera amministrativa di Selmi si interrompe bruscamente: egli viene infatti chiamato a ricoprire la cattedra di Chimica Farmaceutica e Tossicologica all'Università di Bologna. Abbandonata la sua attività di funzionario all'interno del Ministero, negli ultimi tre lustri della sua vita, e cioè fino alla morte, avvenuta a Vignola nel 1881, Selmi si dedica a fondamentali ricerche di chimica tossicologica: risale a questo periodo la scoperta delle ptomaine, sostanze che si formano nel processo putrefattivo del cadavere e che all'epoca sono sovente confuse con gli alcaloidi veleniferi. In seguito a tali scoperte, gli vengono richieste perizie in diversi processi per avvelenamento. È inoltre nominato presidente della Commissione per lo Studio della Prova Generica del Venefizio, istituita dietro suo suggerimento nel 1880 dal Ministero di Grazia e Giustizia. Nel frattempo, cura la monumentale *Enciclopedia di chimica scientifica e industriale*, opera in undici tomi più tre di supplemento, stampata tra il 1868 e il 1881 dall'Unione Tipografica Editrice Torinese (Utet), che si pone l'ambizioso obiettivo di raccogliere tutte le nozioni di chimica e delle sue applicazioni nei vari ambiti del sapere. In questi anni, nonostante i gravosi impegni scientifici, Selmi non abbandona l'attività storica e letteraria: nel 1872, infatti, si fa promotore, a Modena e a Vignola, delle celebrazioni per il bicentenario della nascita dell'insigne storico ed erudito Lodovico Antonio Muratori, suo conterraneo. L'anno seguente dà alle stampe il volgarizzamento dei *Trattati morali* di Albertano da Brescia, opere duecentesche che godettero di notevole fortuna nel periodo compreso tra il XIII e il XV secolo, come attestano sia il gran numero di traduzioni e di rimaneggiamenti in varie lingue europee sia i molteplici volgarizzamenti italiani. Una delle più importanti traduzioni in volgare dei *Trattati morali* ad essere compiuta è quella di Andrea da Grosseto, risalente al 1268, che viene scoperta da Selmi nella Biblioteca Magliabechiana di Firenze. Analizzando il codice contenente il testo di Andrea da Grosseto, Selmi si convince di trovarsi di fronte al più antico testo in lingua italiana di una certa mole. Grazie all'aiuto di innumerevoli studiosi, eruditi e bibliotecari con cui è in contatto, egli riesce a recuperare ulteriori versioni latine e volgari del testo, e, dopo un lavoro di comparazione, a pubblicarlo [6]. Di particolare interesse risulta essere l'*Avvertenza* con cui si apre l'edizione a stampa, scritto introduttivo riservato al rapporto tra scienza e lettere. Selmi si dichiara consapevole che, a parecchi lettori, potrà sembrare strano che chi coltiva una scienza sperimentale dedichi tempo ed energie anche a questioni letterarie e linguistiche; molti, egli ritiene, lo accuseranno e lo derideranno per questa contaminazione tra discipline diverse. Tale opinione, mette in guardia Selmi, contrasta però con la tradizione italiana, all'interno della quale la cultura scientifica è sempre stata accompagnata dall'attenzione per le lettere, come dimostrano le opere di Galileo Galilei, di Lazzaro Spallanzani, di Alessandro Volta e di tanti altri illustri scienziati. Per lo sviluppo della nazione italiana, il progresso della scienze e delle tecniche non basta: è necessario spronare e sostenere soprattutto i giovani al disci-

plinato apprendimento della lingua e della letteratura italiane, non da ultimo perché, ad avviso di Selmi, è una barbarie vera e propria «esporre le dottrine e le scoperte grandi e feconde che si vanno facendo nei vari campi dello scibile, con una forma sì incomposta, impropria e sgrammaticata da non riuscirne quasi mai limpido il pensiero» [23, p. X]. Egli sa che queste parole non gli varranno a trovare consenso presso i colleghi, ma, nonostante ciò, decide di esporre ugualmente le sue idee sulla lingua italiana. Tale risolutezza è frutto del desiderio non già di farsi comprendere dagli studiosi, bensì di cercare di ricondurre sulla buona via i giovani. Le parole di Selmi sono pertanto indirizzate in special modo alle nuove generazioni: egli, da sempre attento alla situazione degli studi e dell'istruzione, è persuaso che l'incoraggiamento dei giovani alla ricerca, insieme con l'attenzione rivolta alle loro idee e iniziative, debba essere il perno per la costruzione del futuro dell'Italia unita.

Il passaggio di consegne generazionale e lo studio del passato, fondamentali per lo sviluppo culturale, morale e politico della Penisola, risultano in effetti essere i punti focali della riflessione di Selmi, la cui vita appare segnata, come si è cercato di mostrare, da un connubio tra scienze e lettere.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Canevazzi G., 1903. *Francesco Selmi patriotta, letterato, scienziato. Con Appendice di lettere inedite*, Modena, Tipografia Forghieri e Pellequi.
- [2] Canevazzi G., 1921. Per la fortuna di Dante a Modena, *Atti e memorie della R. Deputazione di Storia Patria per le Provincie Modenesi*, 1, 7a serie, pp. XLVIII-LV, 159-224.
- [3] Casini T., 1901. Selmi Francesco, *Atti e Memorie della R. Deputazione di Storia Patria per le Provincie Modenesi*, 10, 4a serie, pp. 391-416.
- [4] Ciardi M., 2010. *Reazioni tricolori. Aspetti della chimica italiana nell'età del Risorgimento*, Milano, Franco Angeli.
- [5] Di Pietro P., 1981. Biografia e bibliografia di Francesco Selmi, *Rassegna per la storia della Università di Modena e della cultura superiore modenese*, 8, pp. 26-71.
- [6] Fraulini F., 2015. Francesco Selmi e i *Trattati morali* di Albertano da Brescia. L'importanza della lingua nazionale per l'Italia unita, *Bibliomanie*, 38, senza paginazione.
- [7] Guareschi I., 1911. Francesco Selmi e la sua opera scientifica, *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 62, 2a serie, pp. 125-272.
- [8] Lodovisi A., Venturelli P., 2009. Francesco Selmi: scienze e lettere al servizio dell'idea nazionale, *Il Pensiero Mazziniano*, 64, fasc. 3, 2a serie, pp. 17-28.
- [9] Selmi F. (ed.), 1839. *Iconografia dei celebri vignolesi*, Modena, Lupi.
- [10] Selmi F., 1860. Due nuovi codici dell'*Imitazione di Cristo* in volgare, *Effemeride della Pubblica Istruzione*, 15, p. 253.
- [11] Selmi F., 1861a. Di una edizione della *Commedia* da pubblicarsi nel sesto centenario della nascita di Dante, *Rivista Contemporanea*, 25, pp. 62-82.
- [12] Selmi F., 1861b. Di uno studio da fare per l'edizione nazionale della *Commedia* di Dante Alighieri, *Rivista Contemporanea*, 26, pp. 70-87.
- [13] Selmi F., 1861c. L'ingegno italiano e convenienza del Governo di assecondarne il rifiorimento, *Rivista Contemporanea*, 26, pp. 272-284 e 383-401.

- [14] Selmi F., 1861d. La lingua nazionale dell'Italia nuova, *Rivista Contemporanea*, 27, pp. 344-382.
- [15] Selmi F., 1862a. *Carlo Matteucci*, Torino, Unione Tipografico Editrice Torinese.
- [16] Selmi F., 1862b. *Commemorazione dei fratelli Emilio ed Alfredo Savio morti nelle guerre italiane degli anni 1860-1861*, Torino, Paravia.
- [17] Selmi F., 1862c. Di alcune ragioni della presente mediocrità in Italia, *Rivista Contemporanea*, 28, pp. 383-428.
- [18] Selmi F. (ed.), 1863. *Gibello. Novella inedita in ottava rima del buon secolo della lingua*, Bologna, Romagnoli.
- [19] Selmi F., 1864. Due componimenti inediti di Dante Alighieri, *Rivista Contemporanea*, 36, pp. 98-102.
- [20] Selmi F., 1864. Giuseppe La Farina. Cenni biografici, *Rivista Contemporanea*, 37, pp. 56-82.
- [21] Selmi F., 1865a. *Il Convito. Sua cronologia, disegno, intendimento, attinenza colle altre opere di Dante*, Torino, Paravia.
- [22] Selmi F., 1865b. *Chiose anonime alla prima cantica della Divina Commedia di un contemporaneo del poeta pubblicate per la prima volta a celebrare il sesto anno secolare della nascita di Dante*, Torino, Stamperia Reale.
- [23] Selmi F. (ed.), 1873. *Dei trattati morali di Albertano da Brescia. Volgarizzamento inedito fatto nel 1268 da Andrea da Grosseto*, Bologna, Romagnoli.
- [24] Sighinolfi L., 1923. Le cattedre dantesche nell'Emilia e la prima edizione nazionale della *Divina Commedia*, *Atti e Memorie della R. Deputazione di Storia Patria per le Provincie di Romagna*, 13, 4a serie, pp. 264-285.

Ringraziamenti

Ringrazio Giovanni Bartoli, ultimo erede di Selmi, per la gentile concessione delle immagini che accompagnano questo contributo, nonché per la generosa disponibilità dimostratami nella consultazione dei materiali in suo possesso.

Desidero inoltre ringraziare il professor Marco Ciardi per aver sostenuto e incoraggiato i miei studi relativi alla figura di Francesco Selmi.

ELEONORA AQUILINI*

Gay-Lussac, Humboldt e le combinazioni gassose. Itinerario storico-didattico

Summary – Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) linked his fame to his research on gaseous combinations. His interest in gases was certainly strengthened by his partnership with Alexander Humboldt, who was a member of the Société d'Arcueil, founded by both Berthollet and Laplace. The work of these two scientists led to several experiences with the eudiometer, in order to determine the amount of oxygen in air and the combination between volumes of hydrogen and oxygen which together form water. A possible historical-educational module suitable for high school starts from the analysis of these data and goes on with the calculation of the combination in weight between hydrogen and oxygen using the specific weights used by Dalton as well as those used today, obtaining therefore different values of oxygen atomic weight. On 31 December 1808 Gay-Lussac delivered the *mémoire* which proposed to prove in this way that gaseous substances combine together in simple ratios to the Société Philomatique.

Key words: gas, oxygen, hydrogen, water

Riassunto – Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) ha legato la sua fama alle ricerche sulle combinazioni gassose. Il sodalizio con Alexander Humboldt, anch'egli membro della Société d'Arcueil, fondata da Berthollet e Laplace, sicuramente ha rafforzato l'interesse di Gay-Lussac per i gas. Il lavoro dei due scienziati portò ad esperienze con l'eudiometro di Volta per determinare la quantità di ossigeno presente nell'aria e il rapporto di combinazione fra i volumi di idrogeno e ossigeno per formare l'acqua. Un possibile itinerario storico-didattico, adatto alla scuola secondaria di secondo grado può iniziare dall'analisi di questi dati e prosegue con il calcolo della combinazione in peso fra idrogeno e ossigeno impiegando i pesi specifici utilizzati da Dalton e quelli contemporanei, ricavando quindi valori diversi per il peso atomico dell'ossigeno. Il 31 Dicembre 1808 Gay-Lussac consegna alla Société Philomatique il *mémoire* con cui si propone così di dimostrare che le sostanze gassose si combinano tra loro in rapporti semplici.

Parole chiave: gas, ossigeno, idrogeno, acqua

* Liceo Artistico «F. Russoli», Via San Frediano 13, Pisa. E.mail: ele.aquilini@tin.it

1. INTRODUZIONE

Lo studio dei gas ha portato a teorie particellari fondamentali per la chimica. Il significato rivoluzionario della teoria atomistica di Dalton consiste nella formulazione di un concetto di atomo strettamente connesso alla scienza chimica a lui contemporanea: ossia con uno degli aspetti costitutivi della chimica di Lavoisier, il concetto operativo di sostanze semplici (elementi) e composte. Il fondamento della nuova teoria è costituito dall'ipotesi di una relazione precisa tra la composizione costante dei composti (Proust) ed il valore del peso atomico degli elementi costituenti. L'origine di tale teoria va rintracciata, secondo la maggior parte degli storici della chimica, nelle ricerche fisiche di Dalton sui gas [2]. Analogamente, l'origine delle ipotesi particellari di Avogadro va ricercata negli studi sulle proporzioni di combinazioni fra gas di Gay-Lussac. Amedeo Avogadro nel 1811, nell'*Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et le proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combination* [1], elabora i risultati sperimentali di Gay-Lussac, riportati nei «Mémoires de la société d'Arcueil» del 1805. È importante sottolineare che sia nel caso di Dalton che in quello di Avogadro le elaborazioni di teorie microscopiche emergono da riflessioni su regolarità sperimentali. Entrambe le elaborazioni portano ad un trasferimento delle proprietà macroscopiche della materia a quelle microscopiche. Gli atomi di cui parla Dalton non sono più entità indefinibili, ma sono contraddistinti dalla proprietà fondamentale del peso atomico. Le particelle di Avogadro, molecole integranti e elementari hanno un peso che è riferibile ai pesi atomici di Dalton. Ad Avogadro dobbiamo la legge che porta il suo nome e la nascita del concetto moderno di molecola, formalizzato successivamente da Cannizzaro; Avogadro deve a Gay-Lussac lo studio dei rapporti di combinazione volumetrici fra gas [8].

Data l'importanza dei lavori di Gay-Lussac, si richiamano i passaggi storici da prendere in considerazione per percorsi didattici da costruire a vari livelli di complessità nella scuola secondaria di secondo grado. In essi si mostra come Gay-Lussac e Humboldt hanno determinato il rapporto di combinazione fra i volumi di idrogeno e di ossigeno nella formazione dell'acqua e come da questi dati è possibile ricavare un diverso peso per l'atomo di ossigeno, rispetto a quello trovato da Dalton. Un altro importante risultato che viene qui menzionato, riguarda il rapporto di combinazione fra anidride solforosa e ossigeno per dare anidride solforica. Entrambi sono risultati importanti che hanno portato Gay-Lussac a dimostrare che le sostanze gassose si combinano in rapporti semplici.

2. GAY-LUSSAC E HUMBOLDT

Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) e Alexander von Humboldt (1796-1859), si incontrano ad Arcueil, sede della società scientifica fondata da Berthollet e Laplace. Gay-Lussac vi è introdotto in quanto brillante allievo di Berthollet,

Humboldt in quanto già noto scienziato poliedrico e dedito a viaggi importanti per motivi scientifici [7]. Entrambi sono appassionati al volo aerostatico; fanno insieme un viaggio in Italia in cui incontrano Alessandro Volta a Como. Humboldt era interessato all'analisi dell'aria prima di Gay-Lussac e aveva pubblicato nel 1789 tre brevi memorie nel Bulletin des Sciences par la Société Philomatique. In questi lavori lo scopo era quello di determinare la quantità di ossigeno nell'aria, usando le prestazioni del gas nitroso come mezzo eudiometrico. Il risultato trovato, non troppo lusinghiero, era compreso fra il 23 e il 29%. Successivamente fu trovato da Cavendish, Marti, Berthollet, Fourcroy e Davy l'intervallo 20-23% [8]. Con lo scopo di trovare risultati meno ampi, Gay-Lussac e Humboldt studiarono la reazione di formazione dell'acqua da ossigeno e idrogeno puri. I risultati vennero riportati poi nel saggio del 1805: *Expériences sur les moyens eudiométriques, et sur la proportion des principes constituants de l'atmosphère* [4].

3. LA DETERMINAZIONE DEL RAPPORTO IN VOLUME TRA IDROGENO E OSSIGENO

3.1 Preparazione dei reagenti

Gay-Lussac ed Humboldt prepararono i reagenti ricavando l'ossigeno per riscaldamento del clorato di potassio e l'idrogeno dalla reazione di dissoluzione dello zinco in acido cloridrico. Si posero innanzitutto il problema di disporre dei due gas al massimo grado di purezza. Ritennero che la causa fondamentale delle impurezze andasse ricercata nella presenza di aria nei recipienti; adottarono conseguentemente degli accorgimenti per evitarne il più possibile la presenza.

Per la preparazione dell'ossigeno, collocarono nella storta insieme al clorato di potassio dell'acqua, in modo tale che la storta risultasse riempita d'acqua di circa $\frac{1}{4}$.

La decomposizione del clorato di potassio aveva inizio dopo che tutta l'acqua se ne era andata, bollendo, sotto forma di vapore, e così eliminando dalla storta l'aria contenuta. L'ossigeno, che a questo punto si sviluppava, si veniva a trovare in un ambiente privo di aria. Gay-Lussac ed Humboldt non si accontentarono di questo accorgimento, impiegarono infatti anche una storta sufficientemente lunga, tale da andare a terminare nella parte alta della campana di raccolta dell'ossigeno. La preparazione dell'idrogeno venne effettuata con accorgimenti simili, e nonostante tutto ciò, i due scienziati constatarono che i due gas contenevano ancora piccole impurità, del 4/1000 nel caso dell'ossigeno e del 6/1000 nel caso dell'idrogeno.

3.2 Esperimenti di combustione

Gay-Lussac ed Humboldt effettuarono un primo gruppo di esperimenti di combustione, mantenendo costante la quantità di idrogeno ed aumentando sempre più la quantità di ossigeno. Come strumento veniva impiegato l'eudiometro, ossia un bagno pneumatico così modificato: nella parete terminale della campana erano

fissati due contatti metallici che, collegati ad una macchina elettrostatica, erano in grado di fare scoccare delle scintille e di dare così innesco alla combustione [3].

Gli esperimenti consistevano:

- nel collocare sotto la campana dei volumi precisi di idrogeno e di ossigeno;
- nel fare avvenire la combustione per mezzo di scintille;
- nel misurare la diminuzione del volume dei gas.

Poiché l'idrogeno e l'ossigeno si trasformano, reagendo, *in acqua liquida*, la diminuzione di volume dei gas corrisponde evidentemente alla quantità di idrogeno ed ossigeno che si sono combinati.

Riportiamo i valori ricavati dai primi nove esperimenti:

Tab. 1. Dati volumetrici ottenuti dagli esperimenti fra idrogeno e ossigeno

	Idrogeno (ml)	Ossigeno (ml)	Diminuzione di volume (ml)
1	100	200	146
2	100	300	146
3	100	600	146
4	100	900	146
5	100	950	68
6	100	1000	55
7	100	1200	24
8	100	1400	14
9	100	1600	0

Il confronto dei primi *quattro* permette di ipotizzare che l'idrogeno abbia reagito *completamente* già nel primo esperimento, in quanto, nonostante aumenti la quantità di ossigeno, la diminuzione del volume è sempre la stessa e che, essendo la diminuzione di volume sempre di 146, il rapporto di combinazione tra idrogeno ed ossigeno sia nei primi 4 esperimenti *costante*.

Gli altri esperimenti, inutilizzabili ai fini del rapporto di combinazione, permettono di comprendere un altro importante concetto: se si soffia dell'aria sopra un combustibile che sta bruciando, la combustione può cessare od essere rinvivata a seconda che l'aria venga soffiata con violenza o con moderazione. Gay-Lussac ed Humboldt, effettuando altri esperimenti (mantenendo, per esempio, costante l'ossigeno e variando la quantità di idrogeno), arrivarono a conclusioni del tutto simili a quelle ricavate dal primo gruppo di esperimenti, furono cioè in grado di affermare che *il rapporto di combinazione in volume tra idrogeno ed ossigeno era costante*. Compresero anche che la combustione era completa soltanto quando i due gas erano presenti in determinati rapporti (infatti la combustione non era più completa o addirittura non avveniva se uno dei due era troppo in eccesso rispetto all'altro).

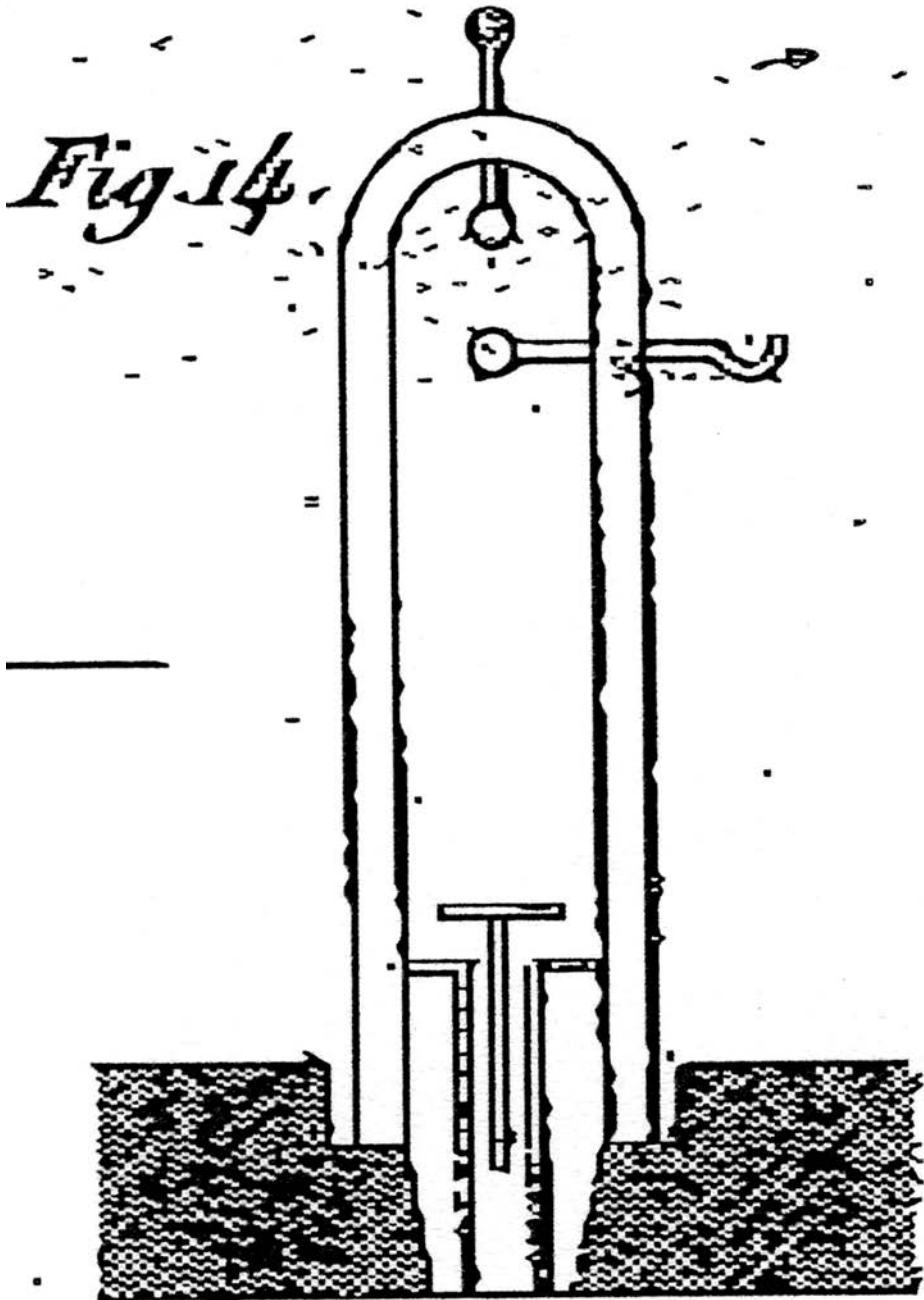


Fig. 1. Eudiometro utilizzato da Gay-Lussac e Humbolt.

I due scienziati si posero a questo punto il problema di determinare il valore del rapporto costante di combinazione nel modo più preciso possibile. Effettuarono, a questo scopo, molti altri esperimenti.

Effettuarono, tra gli altri, 12 esperimenti con 100 parti in volume di ossigeno e 300 parti in volume di idrogeno, dai quali ricavarono i seguenti valori di gas residuo:

Tab. 2. Dati volumetrici ottenuti per il gas residuo.

Gas residuo (ml)		
100,8	100,1	102,0
101,4	101,7	102,0
100,5	102,0	101,0
101,0	101,5	101,5

Il valore medio di gas residuo risulta 101,3. È possibile quindi calcolare il rapporto di combinazione in volume, che risulta di 100 parti di ossigeno a 198,7 parti di idrogeno.

Gay-Lussac ed Humboldt non si accontentarono di questo valore, ma ottennero un risultato ancora più preciso, tenendo anche conto delle impurità ancora presenti nell'ossigeno (4/1000).

L'ossigeno che reagiva in quei 12 esperimenti non era 100 parti in volume, ma $100 - 0,4$, poiché i 4/1000 erano impurità, che rimanevano conseguentemente nel residuo.

Il residuo 101,3 è costituito anche di queste impurità dell'ossigeno. Per calcolare quindi l'idrogeno che ha reagito, occorre togliere a 300 non 101,3, ma $101 - 0,4$:

$$101,3 - 0,4 = 100,9 \text{ idrogeno residuo}$$

$$300 - 100,9 = 199,1 \text{ idrogeno che ha reagito}$$

Il rapporto di combinazione in volume è conseguentemente il seguente:

$$99,6 \text{ di ossigeno a } 199,1 \text{ di idrogeno}$$

Infine con una semplice proporzione può essere così indicato:

$$100 \text{ di ossigeno a } 199,89 \text{ di idrogeno}$$

Gay-Lussac ed Humboldt, ricavato questo valore, ritennero sensato approssimarlo al rapporto di 100 a 200, arrivarono cioè alla conclusione che il rapporto di combinazione in volume tra idrogeno ed ossigeno fosse di 2 a 1.

3.3 Il rapporto di combinazione in peso tra idrogeno ed ossigeno

La composizione dell'acqua si può ricavare sulla base del rapporto di combinazione in volume di 2 a 1 ed utilizzando i pesi specifici dei due gas.

Usando i valori di densità dell'ossigeno e dell'idrogeno, rispettivamente 1,1254 g/l e 0,0885 g/l, si ottiene il rapporto in peso fra ossigeno e idrogeno pari a 6,62 e il peso atomico dell'ossigeno pari a 13,24. Usando invece i valori attuali: $1,429 \cdot 10^{-3}$ g/ml per l'ossigeno e $0,0899 \cdot 10^{-3}$ g/ml per l'idrogeno, si ottiene il rapporto in peso fra idrogeno e ossigeno pari a 7,94 e il peso atomico per l'ossigeno pari a 15,99.

4. ESPERIMENTI DI DECOMPOSIZIONE DEI SOLFATI (1807)

Durante il Settecento, i chimici si erano accorti che il comportamento dei diversi solfati durante la calcinazione non era lo stesso; avevano infatti constatato che tutti i solfati metallici venivano decomposti dal calore, ma che le sostanze che si ottenevano (i prodotti di reazione), oltre al residuo solido basico, variavano dall'acido solforico puro, ad una miscela di anidride solforosa ed ossigeno, oppure ad una miscela delle tre sostanze.

Nel 1807, Gay-Lussac effettuò esperimenti di decomposizione dei solfati [5] con l'obiettivo di fornire una spiegazione di questo diverso comportamento. Le conclusioni cui pervenne furono le seguenti: il diverso comportamento dei solfati dipende dalla temperatura alla quale avviene la decomposizione; l'acido solforico si ottiene da quei solfati che si decompongono a basse temperature; la miscela delle tre sostanze si ha da quei solfati che si decompongono a temperature intermedie, quali il solfato ferroso; ed infine la miscela di anidride solforosa (acido solforoso) ed ossigeno viene ricavata da quei solfati che si decompongono ad alte temperature, quali il solfato rameico e l'allume.

Dalla decomposizione di questo ultimo gruppo di solfati, Gay-Lussac fu in grado di ricavare un'altra importante conoscenza: il rapporto di combinazione in volume tra anidride solforosa ed ossigeno nel dare anidride solforica.

Nel caso dell'allume lo decompose ad alte temperature, e raccolse in quattro campane la miscela gassosa costituita da anidride solforosa ed ossigeno. Dopo aver misurato il volume di ciascun campione di gas, aggiunse sotto le quattro campane una soluzione di potassa caustica e determinò il volume di gas residuo. Nella tabella sottostante sono riportati questi ultimi valori, corrispondenti per ciascun campione a 100 parti in volume della miscela di ossigeno ed anidride solforosa presenti all'inizio.

Tab. 3. Volumi di gas residuo.

	Gas residuo
1° campione	32,33
2° campione	33,23
3° campione	32,53
4° campione	32,64

I valori della tabella precedente permettono di risalire alla composizione della miscela: se il gas residuo corrisponde alla quantità di ossigeno, per differenza a 100 si può calcolare il valore dell'anidride solforosa.

Gay-Lussac, avendo ottenuto dei quattro campioni quantità di ossigeno molto simili, concluse, generalizzando, che la composizione della miscela gassosa fosse costante; prese quindi come valore dell'ossigeno la media dei quattro risultati sperimentali (cioè 32,68), e attribuì la seguente composizione in volume alla miscela gassosa:

ossigeno	anidride solforosa
32,68	67,32

È evidente che la quantità in volume dell'anidride solforosa è circa il doppio di quella dell'ossigeno. Volendo tuttavia essere precisi, si riporta a numero intero una delle due quantità e si calcola conseguentemente l'altra:

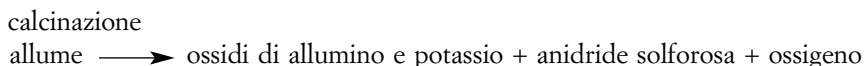
$$32,67 : 67,32 = X : 100$$

Gay-Lussac, effettuando questi passaggi, ricavò questi valori come composizione della miscela:

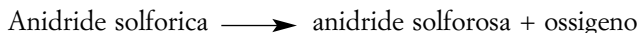
ossigeno	anidride solforosa
48,54	100

Non si limitò tuttavia a questo risultato: ipotizzò inoltre che 100 parti in volume di anidride solforosa si combinino con 48,54 parti in volume di ossigeno per convertirsi in anidride solforica (in acido solforico).

La miscela di anidride solforosa ed ossigeno era ricavata dalla decomposizione dell'allume, secondo questo schema di reazione:

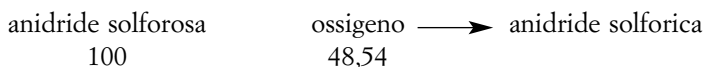


Ora l'allume è un solfato, e quindi, in teoria, si dovrebbe ottenere oltre gli ossidi di alluminio e potassio l'anidride solforica. Ma al posto di questa si formano, evidentemente dalla sua decomposizione, anidride solforosa ed ossigeno



Si può quindi concludere che la composizione della miscela che si ricava indica anche il rapporto di combinazione tra anidride solforosa ed ossigeno per dare anidride solforica.

In altre parole, Gay-Lussac fu in grado di ipotizzare il rapporto di combinazione in volume tra anidride solforosa ed ossigeno, senza esser in grado di realizzare questa reazione:



Gay-Lussac nel 1807 non ritenne opportuno approssimare 48,54 a 50. Avendo ripetuto questi esperimenti e questi ragionamenti con altri solfati, che si decomponivano ad alte temperature, era arrivato a conclusioni coincidenti con le precedenti, pur trovando dei valori leggermente diversi. Effettuando la media di tutti gli esperimenti, calcolò questo rapporto di combinazione:

anidride solforosa	ossigeno
100	47,79

4.1. *La legge di Gay-Lussac*

Nel 1809, Gay-Lussac portò a conoscenza della comunità scientifica la scoperta di una nuova ipotesi, che ricevette immediatamente conferme sperimentali così decisive da assurgere nell'arco di pochi anni al rango delle leggi fondamentali della chimica.

Gay-Lussac la enunciò nel seguente modo: «Così mi pare evidente che tutti i gas agendo gli uni sugli altri, si combinano sempre nei rapporti più semplici; e abbiamo visto, in effetti, in tutti gli esempi precedenti, che il rapporto di combinazione è di 1 a 1, di 1 a 2, o di 1 a 3... Non solamente i gas si combinano in proporzioni molto semplici... ma ancora la contrazione apparente del volume che essi provano con la combinazione, ha pure un rapporto semplice con il volume dei gas, o meglio con quello di uno di loro» [6].

A conferma di questa ipotesi riportò innanzitutto una tabella contenente una ventina di reazioni tra gas, per le quali era stato possibile constatare sperimentalmente l'esistenza di numeri interi e piccoli. Gay-Lussac, nel suo articolo del 1809 riportò come conferma dell'ipotesi anche le seguenti considerazioni sui pesi specifici dei gas: se l'ipotesi di combinazione in volume tra i gas è corretta, il peso specifico del gas che si ricava, in una reazione in cui da due gas se ne ottiene un terzo, può essere calcolato banalmente dal peso specifico dei due gas iniziali. Perciò se risulta confermato sperimentalmente che il peso specifico gassoso calcolato (sulla base dell'ipotesi) è uguale al valore sperimentale, ne risulta confermata l'ipotesi. Gay-Lussac, effettuati i calcoli, li ritenne *sufficientemente* uguali da confermare le sue ipotesi.

6. CONCLUSIONI

L'ipotesi di Gay-Lussac sui rapporti di combinazione in volume fra gas, esprimibili da numeri interi viene esplicitata nell'articolo del 1809. I numeri interi non furono ricavati sperimentalmente, ma furono ottenuti con approssimazioni consistenti dei dati sperimentali. Tali approssimazioni non erano state fatte nel caso dello studio della decomposizione dei solfati. La legge di Gay-Lussac fu presto considerata una delle leggi più importanti della chimica. I calcoli con i pesi specifici permi-

DENSITÉS de diverses substances gazeuses, simples ou composées.

SUBSTANCES.	Densités terminées par l'expérience.	Densités calculées d'après la proportion des éléments et la contraction de volume.
Air atmosphérique...	1,00000	
Gaz oxygène.....	1,10359	
Gaz azote.....	0,96913	} Biot et Arago.
Gaz hydrogène.....	0,07321	
Gaz acide carbonique.	1,5196	
Gaz ammoniacal....	0,59669	
		0,59438
		} en supposant que la contraction des élém soit de la moitié du volume total.
Gaz muriatique.....	1,278	} Piot et Gay Lussac
Gaz oxide d'azote... {	1,61414 Davy.	} 1,52092
	1,36293 Berthollet.	
		} en supposant la contraction des élém. de tout le volume du gaz oxygène.
Gaz nitreux.....	1,088	} Bérard, à Arcueil..
		} 1,03636
		} en supposant la contraction des élém. de moitié du volume total.
Gaz sulfureux.....	2,265	} Kirwan...
Gaz oxide de carbone.	0,9569	} Cruickshanks.
		} 0,96782
		} en suppos. que 100 d'acide carbon. produisent 100 de gaz ox. carbon., en perdant 50 d'oxig.
Vapeur d'eau.....	0,6896	} Traüs.....
		} 0,625
		} en supposant la contraction des gaz de tout le vol. du gaz oxygène.
Gaz muriat. oxigéné.	2,470	} Thenard et Gay-Lussac.
		} 2,468
		} en supposant que la condensation soit de la moitié du volume total.

Fig. 2. Gay-Lussac J.L., 1809, Mémoire de Physique et de Chimie de la Société d'Arcueil, 2, p. 252.

sero di ricavare i rapporti di combinazione gassoso fra gas, per quelle reazioni nelle quali questo rapporto non era possibile misurarlo sperimentalmente. I risultati ottenuti da Gay-Lussac furono oggetto delle importanti e decisive ipotesi di Avogadro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Avogadro A., 1811, Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combination, *Journal de Physique, de Chimie, et d'histoire naturelle*, 58-76.
- [2] Giardi M., 2006, *Amedeo Avogadro - Una politica per la scienza*, Roma, Carocci.
- [3] Fiorentini C., Aquilini E., Colombi D., Testoni A., 2007, *Leggere il mondo oltre le apparenze*, Roma, Armando.
- [4] Gay-Lussac J.L., Humboldt A., 1805, Expériences sur les moyens eudiométriques et sur la proportion des principes constituants de l'atmosphère, *Journal de Physique*, 60, 129-168.
- [5] Gay-Lussac J.L., 1807, Mèmoire sur la decomposition des sulfates par la chaleur, *Mèmoires de Physique et de Chimie de la Società d'Arcueil*, 1, 215-251.
- [6] Gay-Lussac J.L., 1809, Mèmoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres, *Mèmoire de physique et de chimie de la società d'Arcueil*, 2, pp. 218.
- [7] Taddia M., 2005, Chimica, Vulcanologia e...una raccomandazione, *La chimica e l'Industria*, 4, pp. 56-60.
- [8] Taddia M., 2005, E l'approssimazione divenne legge, le combinazioni gassose di Gay-Lussac, *La Chimica e l'Industria*, 6, pp. 142-146.

INDICE

Programma del Convegno	Pag. 5
M. TADDIA – Presentazione	» 7

Sogni alchemici e ideali moderni

M. CIARDI – <i>Letteratura, arte e alchimia. La Chrysopoeia di Giovanni Aurelio Augurelli (ca. 1456-1524)</i>	» 11
P. CARUSI – <i>Fabr al-Dīn al-Rāzī: un teologo e l'alchimia</i>	» 25
F. VIZZA – <i>Giano Lacinio Alchimista Francese del Cinquecento</i>	» 37
L. ANATRINI – <i>Sulla permanenza della tematica del solvente universale nella speculativa alchemica francese di fine Ottocento</i>	» 47
M. TADDIA – <i>Scritti sulla guerra di Giulio Provenzal, chimico e storico della scienza</i>	» 57

Chimica e Grande Guerra

G. SECCIA – <i>La Grande Guerra e la chimica come arma</i>	» 69
G. BOCCATO, P. A. BREDI – <i>Effetti del fosgene: testimonianze di sopravvissuti Monte San Michele (GO), 29 giugno 1916</i>	» 83
G. DALL'OLIO – <i>I gas di guerra nel Primo Conflitto Mondiale</i>	» 93
S. SELLERI, C. BARTOLI, M. FONTANI – <i>Angelo Angeli (1864-1931) e la «Commissione per lo studio delle maschere di difesa»</i>	» 105
M. FAUSONE, M. MONTAGNANI – <i>I primordi della difesa italiana dagli attacchi chimici durante la prima guerra mondiale</i>	» 115
F. CALASCIBETTA – <i>La grande guerra di Emanuele Paternò</i>	» 125

- D. PRIORI – *Ottimo e abbondante, la polemica tra Filippo Bottazzi e Silvestro Baglioni a seguito delle modifiche all'alimentazione del soldato italiano durante la Grande Guerra* Pag. 135

Industria e conoscenza

- A. GIRELLI, A. SIMONINI, F. TRIFIRÒ: *Il ruolo de «La Chimica e l'Industria» nei suoi 95 anni di storia* » 147
- I. CIABATTI – *Coppellazione: dal trattamento di affinazione su larga scala alle origini dell'analisi chimica quantitativa* » 165
- P. ZANI – *Gli zolfi della Romagna: notizie sull'attività mineraria e proto industriale nei secoli XV-XVIII* » 175
- A. BASSANI – *Il cremor tartaro veneziano: una specialità* » 187
- M. D'AURIA – *Alle origini della fotochimica in Italia. Cannizzaro e l'isomerizzazione fotochimica della santonina* » 199
- R. CERVELLATI – *Le reazioni periodiche: i contributi di William C. Bray e Alfred J. Lotka* » 207

Scienza, filosofia e lettere

- A. MOTTANA – *Sintesi storica della Spettroscopia d'Assorbimento dei raggi X in Chimica e nelle Scienze Parallele* » 221
- B. CAVARRA – *Galeno e il De elementis ex Hippocratis sententia* . . . » 235
- F. BALDASSARRI – *Né l'alchimia, né la chimica. Minerali, pietre, metalli: Descartes, la meccanica dei corpi naturali e la medicina* » 243
- A. DRAGO – *Il chimico-filosofo Charles S. Peirce sulla Tabella di Mendeleieff e sui tipi di inferenza per costruirla* » 253
- F. FRAULINI – *L'attività letteraria e filologica di Francesco Salmi chimico, patriota e politico* » 265
- E. AQUILINI – *Gay-Lussac, Humboldt e le combinazioni gassose. Itinerario storico-didattico* » 275

INDICE DEGLI AUTORI

	PAG.
ANATRINI L.	47
AQUILINI E.	275
BALDASSARRI F.	243
BARTOLI C.	105
BASSANI A.	187
BOCCATO G.	83
BREDA P. A.	83
CALASCIBETTA F.	125
CARUSI P.	25
CAVARRA B.	235
CIABATTI I.	165
CIARDI M.	12
CERVELLATI R.	207
D'AURIA M.	199
DALL'OLIO G.	93
DRAGO A.	253
FAUSONE M.	115
FONTANI M.	105
FRAULINI F.	265
GIRELLI A.	147
MONTAGNANI M.	115
MOTTANA A.	221
PRIORI D.	135
SECCIA G.	69
SELLERI S.	105
SIMONINI A.	147

TADDIA M.	7, 57
TRIFIRÒ F.	147
VIZZA F.	37
ZANI P.	175

