

# CHIMICA È CULTURA

COLLANA DI FONDAMENTI E DIVULGAZIONE DELLA CHIMICA

II

*Direttore*

Vincenzo VILLANI

Università degli Studi della Basilicata

*Comitato scientifico*

Giovanni VILLANI

Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, CNR

Vincenzo SCETTINO

Università degli Studi di Firenze

Maurizio D'AURIA

Università degli Studi della Basilicata

Stefano SUPERCHI

Università degli Studi della Basilicata

Luciano D'ALESSIO

Università degli Studi della Basilicata

Gaetano GIAMMARINO

Università degli Studi della Basilicata

# CHIMICA È CULTURA

COLLANA DI FONDAMENTI E DIVULGAZIONE DELLA CHIMICA



Il cielo stellato sopra di me, la legge morale dentro di me.

Immanuel KANT

La collana nasce con una vocazione dichiaratamente interdisciplinare: la Chimica viene intesa come *link* di un *network* molto più ampio, una scena nel grande affresco della cultura moderna.

Mentre è difficile sopravvalutare il ruolo della Chimica nella società moderna per le sue infinite utili applicazioni, è facile sottovalutarne le implicazioni culturali dal punto di vista concettuale, al di là dei puri tecnicismi.

Quali sono i fondamenti culturali della Chimica: la ricchissima storia, la visione della natura, il rapporto con le arti, la riflessione filosofica e più in generale il contributo ad una società sostenibile? Tutti questi aspetti e implicazioni sono i temi approfonditi dai volumi pubblicati in questa collana.



*Vai al contenuto multimediale*

Vincenzo Villani

**Viaggio nella storia della Chimica**





Aracne editrice

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

Copyright © MMXVIII  
Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

[www.gioacchinoonoratieditore.it](http://www.gioacchinoonoratieditore.it)  
[info@gioacchinoonoratieditore.it](mailto:info@gioacchinoonoratieditore.it)

via Vittorio Veneto, 20  
00020 Canterano (RM)  
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-1075-1

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: febbraio 2018

# Indice

- 9      Introduzione
- 11     Capitolo I  
*La parabola del flogisto da Becher a Lavoisier*
- 19     Capitolo II  
*Robert Boyle*
- 29     Capitolo III  
*Henry Cavendish*
- 35     Capitolo IV  
*Vita, pensiero e scoperte di Joseph Priestley*
- 43     Capitolo V  
*John Dalton*
- 49     Capitolo VI  
*Antoine-Laurent de Lavoisier*
- 55     Capitolo VII  
*Priestley vs Lavoisier*
- 61     Capitolo VIII  
*Berzelius*
- 65     Capitolo IX  
*Wöhler e la nascita della chimica organica*
- 69     Capitolo X  
*La rivoluzione scientifica del campo elettro-magnetico*

- 77 Capitolo XI  
*André-Marie Ampère, primo chimico teorico moderno (parte I)*
- 85 Capitolo XII  
*André-Marie Ampère, primo chimico teorico moderno (parte II)*
- 93 Capitolo XIII  
*André-Marie Ampère, primo chimico teorico moderno (parte III)*
- 99 Capitolo XIV  
*L'atomo dimenticato*
- 109 Capitolo XV  
*La gomma da Faraday a Natta*
- 117 Capitolo XVI  
*Dai Poliesteri al Kevlar*
- 125 Capitolo XVII  
*L'invenzione del polipropilene*
- 131 Capitolo XVIII  
*Excursus di Storia dei materiali*
- 137 Capitolo XIX  
*Quando a Napoli ci fu il boom della Chimica*
- 143 Capitolo XX  
*Il mio ricordo di Del Re*
- 149 Capitolo XXI  
*Eka-silicio*
- 153 Bibliografia



## Introduzione

Ogni viaggio è un po' avventura. Sia che si visiti una nazione o una piccola città, partiamo con un piano in mente, un piano di massima che lascia spazio all'emozione di seguire il piacere della scoperta. L'esperienza sarà allora uno spaccato di quella Realtà, e darà una visione d'insieme capace di evocare un Mondo intero... Questo è lo scopo di ogni viaggio e di ogni libro: comunicare informazioni ed emozioni che accendano la voglia di conoscere.

Questo *Viaggio nella Storia della Chimica* segue un piano, ma lascia spazio all'emozione: una lezione, un ricordo, un racconto... Il piano è quello di ripercorrere l'affascinante Storia della Chimica attraverso l'opera di alcuni geni, a partire dagli ultimi alchimisti agli scienziati dei giorni nostri. Le incursioni contribuiscono a rendere il viaggio più vivo ed attuale.

La Storia non è vissuta come "i fatti del passato", ma come «il dibattito di idee e scoperte che si sono succedute», arricchendosi vicendevolmente lungo il percorso del Tempo. La Storia della Scienza ha un valore concreto sul Presente. Allora, la necessità di sviluppare una visione dell'evoluzione delle conquiste del Sapere, amplia il senso critico dell'Uomo Moderno, contestualizza il lavoro del Ricercatore e apporta linfa vitale alla Formazione e alla Ricerca.



## La parabola del flogisto da Becher a Lavoisier

Nella nascente chimica del Seicento la *calcinazione* dei metalli, ovvero la trasformazione mediante il calore di un metallo nella calce (ossido) corrispondente, e la successiva *riduzione* delle calci nuovamente a metallo, furono al centro del dibattito scientifico.

Robert Boyle (1627–1691) nei *New Experiments* del 1673, osservò un fatto fondamentale: le calci ottenute pesavano più del metallo di partenza. Interpretò questo risultato ipotizzando i *corpuscoli ignei*, questi attraversando i pori del crogiolo, si combinavano coi metalli aumentando il peso della calce prodotta. In accordo con la visione newtoniana, il fuoco veniva considerata una sostanza di natura particellare.

Proprio in questo periodo Georg Ernst Stahl (1660–1734) elaborò la teoria del flogisto. Egli avversò il *meccanicismo atomistico* (che infine avrebbe prevalso) ritenendolo incapace di spiegare interamente le reazioni chimiche. In questo modo implementando le idee del maestro Johann Joachim Becher (1635–1682) sviluppò una teoria chimica basata su “entità portatrici di qualità” ed approdò al flogisto: «chimici sono gente strana che si compiace di fiamme e di fuliggine, di veleni e di miseria; eppure, mi par tanto dolce l’esistenza tra costoro: che io possa morire se ho voglia di cambiare con il re della Persia» (Becher).

La teoria del flogisto rappresentò il primo sforzo di razionalizzare la congerie di fatti chimici che la ricerca infaticabile e misti-

ca degli alchimisti aveva prodotto fino a quel momento. Fu infine superata, alla nascita della chimica moderna, dalla sperimentazione logica e quantitativa di Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794). Grande fu il ruolo della teoria del flogisto nel Settecento: pur erronea, seppe imprimere al sapere dell'epoca la spinta necessaria per superare le utopie dell'alchimia, unificando fenomeni apparentemente molto diversi. Di che si tratta? In quali errori incorse? Quale fu il contributo che diede?

Col flogisto l'alchimista divenne chimico, rinunciando a interpretare i fatti mediante "spiriti" della materia, e limitando la ricerca a ipotesi basate su forze fisiche ed entità materiali. Tuttavia, il flogisto non fu una teoria scientifica in senso moderno, fu un "paradigma" condiviso ma, "non-falsificabile", mediante ipotesi ad hoc era capace di adattarsi alle più diverse evidenze sperimentali: « Han fatto del flogisto un quid estremamente vago, che si adatta a tutte le spiegazioni. Qualche volta pesa, talaltra no; una volta è libero, l'altra è legato con un elemento terrestre; talvolta attraversa i pori della terracotta e talaltra no. È un Proteo che cambia forma ad ogni occasione », scriveva Lavoisier.

Gli antichi considerarono il fuoco il più puro e perfetto degli elementi della Natura, la cui sede naturale era nel cielo più alto, la scoperta più grande che l'uomo abbia fatto, rapito al Sole da Prometeo che accese la prima fiamma. Cosa è mai il fuoco, questo fantastico fenomeno naturale? A noi uomini del duemila è facile capire che « il fuoco è la rapida ossidazione di un materiale, durante la reazione esotermica di combustione, che libera calore, luce e prodotti di reazione » e « la fiamma è la miscela dei prodotti di reazione, gas e solidi, che emettono luce nel visibile e nell'infrarosso ». Ma così non è sempre stato!

Aristotele considera il fuoco uno dei principii di tutte le cose ed Eraclito la *forza universale della creazione*. Platone, invece, ipotizza che tutti i corpi combustibili contengono un certo *principio infiammabile*, divenendo di fatto il padre *ante litteram* del flogisto. Per gli alchimisti la causa del fuoco era un vago *spirito di zolfo*, infiammabile. Paracelso (1493–1541), l'ultimo degli alchimisti, spiegava la combustione del legno con i tre elementi in esso contenuti: lo zolfo brucia, diceva, il mercurio dà la fiamma e il sale, la cenere (oggi

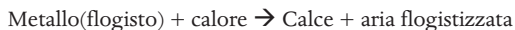
sappiamo che la cenere è la miscela incombusta di composti fortemente ossidati che nel caso del legno sono a base di sodio, potassio, calcio, magnesio e fosforo).

Becher e Stahl, si scrollarono di dosso il principio sulfureo dei loro predecessori ed ipotizzarono una *terra pinguis* (grassa) infiammabile a cui fu dato il nome di flogisto (dal greco *dar fuoco*): il flogisto era il fuoco stesso, un'entità ben definita di natura terrosa, secca e adatta alle combinazioni solide. Divenne il modo di spiegare processi chimici apparentemente molto diversi tra loro, come la combustione, la calcinazione dei metalli e la stessa respirazione: gli alimenti bruciati nei polmoni liberano continuamente flogisto nel corpo umano e animale rendendo possibile la vita.

Bruciare, significava emettere flogisto violentemente sotto forma di fiamma: il peso della sostanza bruciata diminuiva a causa del flogisto liberato. Dunque, il flogisto era un elemento chimico ponderabile.

Tuttavia, sorsero dei problemi: se il flogisto sfugge dal metallo calcinato, perché mai la calce (l'ossido corrispondente) prodotta pesa più del metallo di partenza? Così risultava nel caso del piombo, dello zinco e degli altri metalli sperimentati. Tuttavia, Becher e i suoi non accettarono la prova sperimentale: «il flogisto può, qualche volta, avere la qualità della leggerezza, cioè pesare meno che nulla. È naturale che le calci peseranno più dei metalli che avete messo nella fornace: qualcosa, meno qualcosa che pesa meno di nulla, peserà sempre di più che non nello stato primitivo»: al flogisto, mediante un'ipotesi *ad hoc*, fu attribuito un *meaningless* peso negativo!

Il flogisto era sempre lo stesso in tutti i metalli e corpi combustibili: bruciando o scaldando i metalli si ottengono le calci ed esso transita dal metallo all'aria che non partecipa alla reazione,



Riscaldando le calci, queste vengono *ridotte* nuovamente a metalli: il flogisto transita dall'aria flogistizzata al metallo,



Le calce riscaldate in presenza di carbone (sostanza infiammabile ricca di flogisto) danno il metallo e aria fissa (anidride carbonica): il flogisto transita dal carbone al metallo,



«I metalli morti possono sottostare a riviviscenza o riduzione allo stato primitivo per mezzo del carbone», aveva scritto Paracelso.

Queste le reazioni fondamentali (rilette in modo moderno); in ogni caso l'aria è considerata sostanza inerte e funge solo da serbatoio del flogisto.

Joseph Priestley (1733–1804), filosofo, teologo e chimico, dalla fiamma della fornace passò al calore ottenuto mediante una potente lente convergente, eliminando la complicazione dei *corpuscoli ignei* ipotizzati da Robert Boyle (1627–1691) passanti dal fuoco ai reagenti attraverso i pori del crogiolo. Collocava le sostanze sotto una campana di vetro in modo da raccogliere tutti i gas che si formavano durante la combustione. Nell'agosto del 1774, trattò la *calce rossa* del mercurio (HgO). *Ho trovato che molto facilmente si può espellerne aria*. Ovviamente, scriveva a lume di candela ed ebbe l'idea geniale di provare l'azione del gas sulla fiamma. Introdotta la candela nella bottiglia contenente il gas raccolto, vide con meraviglia che la fiamma si ravvivava e bruciava più rapidamente.

Quindi, scoprì che lo stesso misterioso gas si otteneva dalla calce rossa di piombo (PbO). Concluse che si trattasse di una nuova *aria* ottenuta dalle due *polveri rosse* che poteva essere il responsabile del potere vitale dell'atmosfera: non si accorse di aver isolato l'ossigeno!

Nel marzo del 1775, il nostro cominciò a sperimentare coi topi: uno è posto sotto una campana di vetro contenente aria, l'altro ossigeno. Quello tenuto nell'aria soffoca dopo quindici minuti, l'altro dopo trenta minuti è ancora vivo. Concluse che fosse *aria deflogistizzata*: la sua visione teologica gli imponeva di credere che il Signore avesse creato l'aria nel migliore dei modi possibili!

Decise di provare l'aria deflogistizzata egli stesso. «Mi accorsi che la respirazione diventava più agevole e tale rimaneva anche qualche tempo dopo l'esperienza»: immediatamente ne intravide l'uso medico nelle malattie respiratorie.

«Se la candela brucia tanto più rapidamente, anche noi vivremo troppo alla svelta quindi, l'aria che la Natura ci ha dato è quanto di meglio c'è per noi!», concluse il teologo.

A Parigi, nominato membro dell'Accademia delle Scienze, incontrò Lavoisier al quale confidò completamente le sue esperienze catalizzando la rivoluzione chimica che spazzò via per primo il...flogisto.

Già Paracelso, aveva osservato che l'acido solforico reagiva col ferro liberando misteriose bollicine. Henry Cavendish (1731-1810), brillante sperimentatore inglese, si propose di studiare la natura di quel gas che bruciava con una fiammella azzurra: forse si trattava proprio del flogisto! Per indagare, utilizzò acidi e metalli diversi: ferro, zinco e stagno, acido cloridrico e solforico, in tutti i casi ottenne la stessa fiamma azzurra... Era inverosimile che lo stesso composto si liberasse in reazioni tanto diverse: non poteva trattarsi che del fantomatico flogisto. Il nostro essiccò il gas e lo pesò, trovò che era leggerissimo, ma ponderabile e fu certo d'aver catturato, novello Prometeo, il principio del fuoco non accorgendosi d'aver isolato...l'idrogeno!

Cavendish utilizzò l'aria deflogisticizzata (ossigeno), da poco scoperta da Priestley, facendola reagire col flogisto (idrogeno) da lui isolato: si trattava ovviamente di una pericolosa reazione esplosiva in cui molta vetreria fu sacrificata... Dopo molti anni di sperimentazioni, lesse alla Royal Society nel 1784 gli *Experiments on Air*: "l'acqua è aria deflogisticata unita con flogisto" in un rapporto in peso di 1:2. Dunque, il liquido indispensabile alla vita non era una sostanza semplice, come da sempre creduto, ma un composto: cadeva un antico pregiudizio.

Nel 1773 Antoine Marie Lavoisier (1743-1794), padre della chimica moderna, comprese la portata rivoluzionaria delle nuove scoperte sulle arie e stilò un piano di lavoro al quale si attenne fino alla fine prematura e violenta della sua vita. Nel 1772 aveva scoperto che la calcinazione dei metalli e la combustione di zolfo e fosforo erano dovuti alla *fissazione* dell'aria: in questo modo spiegava l'aumento in peso dei prodotti rispetto ai reagenti.

Nell'ottobre del 1774 Priestley era a Parigi e gli illustrò i suoi esperimenti. Sulla base di queste informazioni effettuò il classico *esperimento dei dodici giorni*:

Posi un matraccio con venti grammi di mercurio puro nella fornace. Piegai il collo in modo che l'estremità giungesse sotto una campana di vetro in un recipiente contenente mercurio. Il secondo giorno apparvero delle particelle rosse sulla superficie del mercurio; esse aumentarono di volume e di numero nei giorni successivi. Infine, non subirono più alcun mutamento: alla fine del dodicesimo giorno spensi il fuoco.

L'aria rimasta nel matraccio ammontava a circa  $5/6$  del volume iniziale e non era più atta alla combustione e alla respirazione: era rimasta *aria fissa*. Calcinando i tre grammi di polvere rossa formata, raccolse mercurio puro e un gas «molto più atto alla respirazione e alla combustione che non l'aria atmosferica». L'*aria deflogisticata* di Priestley era *oxygine*, un nuovo elemento chimico che ritenne entrasse nella composizione di tutti gli acidi.

Dunque, la combustione e la calcinazione dei metalli sono dati dall'unione dei reagenti con l'ossigeno non alla liberazione del flogisto, lo dimostrava la conservazione della massa: il prodotto, subiva un aumento in peso rispetto alla sostanza originale, uguale al peso dell'ossigeno assorbito dall'aria. Il flogisto non esisteva, risultò sconfitto dal genio francese e dalla più sensibile bilancia d'Europa. Utilizzando tre sensibilissime bilance, prese a prestito dalla Zecca francese e raggiungendo la sensibilità di  $1/400$  di grano, pari a 0.13 mg, Lavoisier introdusse il metodo quantitativo elevando la chimica al rigore della meccanica newtoniana. «Si può considerare dimostrato che in ogni reazione la quantità della materia resta uguale prima e dopo l'operazione»: così enunciò il principio della conservazione della massa degli elementi.

Mentre la chimica moderna moveva i primi passi, Priestley s'impegnò in una patetica difesa del flogisto: «come amico del debole io tento di portare un po' d'aiuto alla dottrina del flogisto». Consapevole tuttavia, che «la confutazione di un'ipotesi erranea è di grande importanza per il progresso della scienza. È come se si spegnesse una falsa luce che inganni il marinaio all'ingresso del porto».

La combustione e la calcinazione dei metalli sono dati dall'assorbimento dell'ossigeno non dalla liberazione del flogisto, lo dimostrava la conservazione della massa: il prodotto, subiva un aumento di peso rispetto alla sostanza originale, uguale al peso



dell'ossigeno che si combinava con la sostanza ossidata. «Si può considerare dimostrato che in ogni reazione la quantità della materia resta uguale prima e dopo l'operazione»: enunciando così il principio della conservazione della massa di ogni elemento chimico alla base della chimica.

Finalmente, le reazioni di calcinazione e riduzione furono reinterpretate correttamente,



e...il flogisto scomparve dal vocabolario della chimica moderna!



**Figura 1.1.** Georg Ernst Stahl (1659–1734), chimico, medico e filosofo tedesco.



**Figura 1.2.** Johann Joachim Becher (1635–1682), medico e alchimista tedesco.