

di Sergio Carrà, Vincenzo Schettino,
Antonio Sgamellotti



NASCITA, SVILUPPO E FUTURO DI UNA SCIENZA. STORIA DELLA CHIMICA DI SALVATORE CALIFANO

Questo articolo riporta gli interventi tenuti durante l'incontro sulla chimica svoltosi alla Accademia Nazionale dei Lincei. La presentazione dei libri di Salvatore Califano sulla storia della chimica ha offerto l'occasione per una riflessione generale sulla chimica. Partendo dalla storia e dallo sviluppo della disciplina sono stati dibattuti temi come l'impatto della chimica sulla società, l'immagine della chimica ed la sua valenza culturale, la divulgazione della cultura scientifica e le sfide future della chimica.*

La storia della chimica

Il primo volume della storia della chimica comincia dall'antichità e da pratiche, che possiamo ben definire chimiche, che riguardano le origini della metallurgia, la lavorazione della ceramica e del vetro, l'estrazione di profumi, la fermentazione, la distillazione. La varietà dei fenomeni naturali ed artificiali ha posto l'uomo fin dall'inizio di fronte alla complessità della natura, spingendolo ad interrogarsi alla ricerca di un ordine possibile, di una razionalità che, dal punto di vista della nostra discussione di oggi, viene ricondotta dai filosofi greci all'identificazione di elementi base primordiali e poi alle prime ipotesi atomiche. Il racconto della storia della chimica prosegue poi con i secoli bui, se così possiamo dire del lungo periodo dell'alchimia, che per la chimica secoli bui non sono perché, al di là della sacralità delle pratiche alchemiche, in questo periodo vengono perfezionate gradualmente pratiche fondamentali della chimica sperimentale come l'estrazione, la separazione, l'isolamento, la calcinazione, la distillazione. C'è poi l'epoca eroica della chimica che vede l'affermazione più propriamente scientifica della disciplina, periodo che

passa attraverso i giganti della chimica come Boyle, Dalton, Lavoisier, Mendeleev, Avogadro e tanti altri.

Il secondo volume descrive la definitiva affermazione della moderna teoria della chimica, basata sulla struttura elettronica degli atomi, e tratta l'evoluzione della chimica fisica classica e dei metodi sperimentali di indagine strutturale, la struttura elettronica e nucleare, lo sviluppo della chimica quantistica e lo studio dei meccanismi di reazione. Gli ultimi capitoli del volume riguardano argomenti di particolare rilevanza, come l'industria chimica e le ricadute tecnologiche del progresso scientifico, le molecole della vita, il mondo artificiale della chimica organica, un'affascinante escursione nel mondo delle reazioni di sintesi che, partendo dai primi tentativi per ottenere utili molecole, conduce poi alla chimica metallo-organica e, in un continuo crescendo, alle odierne sintesi delle diverse forme allotropiche del carbonio: fullerene, nanotubi e grafene, così come alla chimica supramolecolare ed all'ingegneria molecolare. Di particolare interesse, anche perché inusuale, l'ultimo capitolo, che affronta il problema dell'organizzazione della chimica, aprendo una

*a) S. Califano, *Storia della Chimica I. Dall'alchimia alla chimica del XIX secolo*, Bollati Boringhieri, 2010; b) S. Califano, *Storia della Chimica II. Dalla chimica Fisica alle molecole della vita*, Bollati Boringhieri, 2011; c) S. Califano, *Pathways to Modern Chemical Physics*, Springer, 2012.

finestra sull'origine e sull'evoluzione delle accademie scientifiche e sui giornali di chimica nei vari Paesi.

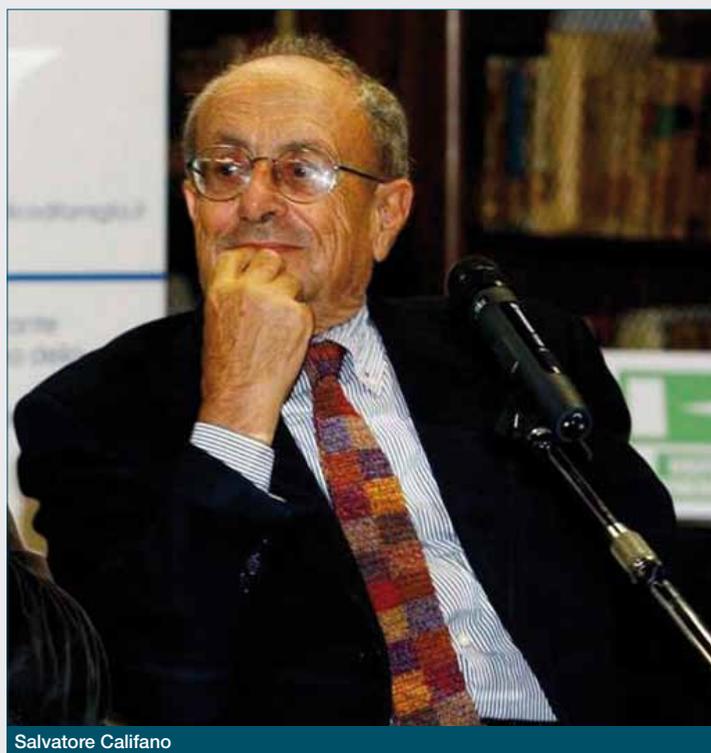
Il terzo volume ha carattere più specifico e riguarda lo sviluppo della chimica fisica, una disciplina moderna che rappresenta un ponte naturale tra discipline diverse come fisica, biologia molecolare, mineralogia, geologia ed astrofisica ed è il settore di ricerca che l'autore ha coltivato specificamente e la materia che ha insegnato per tanti anni in Italia e all'estero. Questo volume riprende tematiche trattate già in termini generali nel secondo volume, proponendone una riscrittura completa che produce un racconto con una sua completa autonomia. Particolarmente affascinante è il capitolo sulla meccanica quantistica e sulla chimica quantistica, nel quale Califano magistralmente illustra come la conoscenza della struttura più teorica della chimica sia parte integrante della cultura umana e come, più di altre discipline, abbia avuto ed abbia profonda influenza nella crescita culturale delle società moderne.

Questi volumi presentano un affresco esauriente dello sviluppo e della natura della chimica e si può ben dire, citando dalla recensione di Paolo Rossi su "Il Sole 24 Ore", che *Salvatore Califano ha scritto una Storia della Chimica destinata a restare un classico.*

L'immagine della chimica nella società

La storia della chimica, nella sua realtà e come emerge dall'opera di Califano, si presta a diversi livelli di lettura. Un motivo ricorrente, fin dai tempi più remoti, ma con una formidabile accelerazione dalla seconda metà del XIX secolo, è quello delle straordinarie realizzazioni tecnologiche rese possibili dalla chimica, realizzazioni che hanno inciso in modo sostanziale nei processi di liberazione del genere umano dalla fame, dalle malattie e dalla povertà. Tuttavia, un accento prevalente o esclusivo sulle componenti tecnologiche oscura e relega su un piano secondario il formidabile potere conoscitivo della chimica e della scienza in generale. A tale potenziale deriva si oppone la scelta di proporre una storia della chimica per problematiche, che si sviluppano in segmenti temporali non angusti; una scelta che privilegia la visione della chimica come una grande avventura culturale tesa a comprendere la struttura intima della materia e le sue trasformazioni. L'accento è quindi sempre sul dibattito delle idee, sul percorso non lineare di costruzione di un percorso logico nello sviluppo della disciplina. L'espressione più esauriente del potere conoscitivo della chimica è nella tavola periodica degli elementi: i veri personaggi della storia della chimica con i loro nomi familiari o esotici e misteriosi. Ma infine ad ognuno di essi viene assegnata un'etichetta, un codice di identificazione, una latitudine e una longitudine che li collocano in una precisa intersezione tra una riga ed una colonna della tavola fissandone per sempre le proprietà e la capacità di combinarsi con alcuni e non con altri e di formare determinati composti chimici e non altri. È una meravigliosa tavola sinottica, un alfabeto che, in base a principi fondamentali, pretende di risolvere o dominare la complessità del mondo che ci circonda.

Negli ultimi decenni abbiamo assistito all'instaurarsi di un rapporto conflittuale tra scienza e società con la transizione da un'ideologia di un progresso scientifico tecnologico inarrestabile ad una riflessione sui



Salvatore Califano

limiti della scienza e della tecnologia. La risoluzione di questo conflitto va cercato colmando le carenze formative che appannano la percezione della scienza presso la società civile. I libri di Califano si muovono in questa direzione descrivendo fenomeni complessi utilizzando una terminologia scientificamente rigorosa ma con un linguaggio semplice e scorrevole, con l'intento di rivolgersi ad un'udienza ampia indipendentemente da una familiarità con i dettagli tecnici della materia. Come dice Roald Hoffmann, premio Nobel per la chimica nel 1981 e grande scienziato e divulgatore scientifico, è un dovere civile degli scienziati diffondere la conoscenza della scienza e del suo ruolo nello sviluppo civile ed economico.

D'altra parte per un corretta percezione civile della scienza è importante ampliare il contesto di riferimento guardando al progresso scientifico attraverso i rapporti esistenti tra gli scienziati e la società che li esprime. La storia della chimica di Califano si muove in un ambito che, parafrasando l'insegnamento del grande artista Fabrizio Plessi, potremmo definire di umanizzazione della scienza e della tecnologia. Gli scienziati che hanno contribuito alla nascita ed allo sviluppo della chimica sono inquadrati nel contesto personale, familiare, sociale, economico e culturale nel quale hanno operato e da cui hanno tratto le loro motivazioni. Si possono citare le vicende di Hückel e dell'affermazione della sua teoria della struttura elettronica delle molecole, la storia della scoperta dell'ossigeno e delle complesse relazioni tra Lavoisier, Priestley e Scheele, la storia di Heisenberg e del travaglio fisico ed intellettuale per giungere alla formulazione del principio di indeterminazione. La storia della scienza deve essere vista come una componente essenziale della storia della società e per il costante riferimento al contesto possiamo considerare i libri di Califano come qualcosa di più ampio di una semplice storia della chimica.

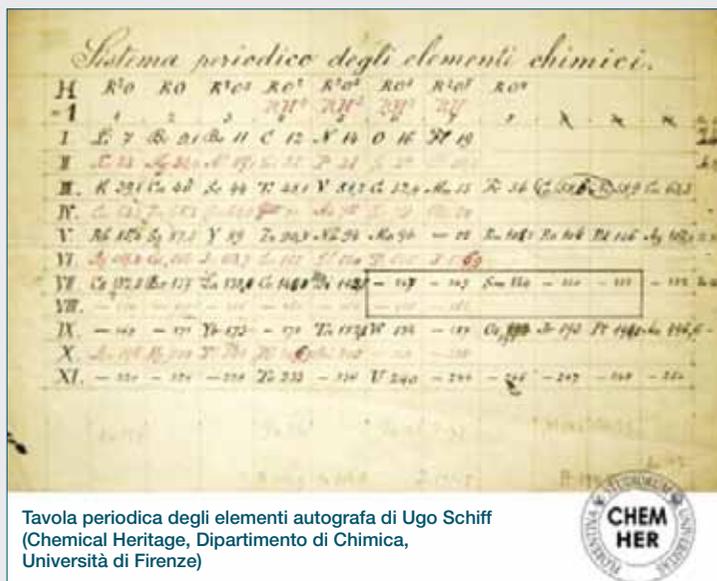


Tavola periodica degli elementi autografa di Ugo Schiff
(Chemical Heritage, Dipartimento di Chimica,
Università di Firenze)

Il futuro delle scienze chimiche

Niels Bohr riteneva che fosse difficile fare previsioni, in particolare sul futuro. Si tratta di uno stimolante esercizio con pochi rischi di critica poiché sfugge spesso alle verifiche. In questo quadro due punti emergenti dalla corposa opera di Salvatore Califano si prestano per un'analisi sul futuro della chimica.

La chimica ha esercitato un ruolo fondamentale nello sviluppo della nostra società, in particolare attraverso l'avvicendamento di risorse naturali con prodotti sintetici, quali i fertilizzanti grazie alla sintesi dell'ammoniaca, i polimerici, i farmaci di sintesi ed altri.

Pur essendo passata attraverso i fumi e gli esoterismi dell'alchimia è sfociata in meno di 300 anni in un algido riduzionismo preconizzato in una frase premonitrice di P.A.M. Dirac del 1929, nella quale sosteneva che la trattazione di gran parte dei fenomeni chimici sarebbe diventata solo un'applicazione delle leggi ormai note della meccanica quantistica. John Pople, che fruendo dello sviluppo del calcolo elettronico ha portato a compimento tale programma, unitamente a Walter Kohn, l'ha definita un grido di trionfo e di disperazione per le difficoltà dei calcoli che si dovevano affrontare.

Tuttavia se fino a qualche anno fa i chimici teorici dovevano accontentarsi di confermare dati sperimentali già noti, oggi, grazie al connubio fra meccanica quantistica e calcolo elettronico, possono avventurarsi nella previsione di dati utili in diversi settori riguardanti la combustione, la sintesi di materiali, la chimica atmosferica, la chimica del plasma, i sistemi biologici, la cosmochimica ed altri. Ad esempio, fruendo di apparecchiature sempre più sofisticate, grazie a tali conoscenze è attualmente possibile agevolare la preparazione di materiali sofisticati che trovano impiego in diversi settori riguardanti le tecnologie più avanzate, simulando i meccanismi di crescita attraverso un approccio a più scale che parte da quella atomica.

La chimica dei processi sintetici, ovvero del "mondo artificiale della chimica organica", ha acquisito ulteriori potenzialità in un'impostazione di ampio respiro che include la strutturistica e la chimica teorica, che

permettono di individuare efficaci cammini di sintesi di composti chimici designati alla tutela della salute umana. Questo settore, detto del *drug design*, è reminiscente dell'approccio conferito alla sintesi chimica dalla figura mitica di Robert Woodward.

I chimici si impegnano anche in problemi di rilevanza planetaria che includono l'atmosfera, gli oceani e la crosta terrestre, che nel loro insieme costituiscono un macroreattore le cui evoluzioni sono connesse con la vivibilità dell'ambiente. A livello cosmico le loro indagini si estendono all'universo che, pur essendo ritenuto inospitale per i composti chimici, è in realtà popolato di molecole la cui natura e formazione aprono uno spiraglio sull'origine della vita.

Tutto ciò diletta anche a creare molecole con strutture simmetriche perché talora permettono di esplorare nuove ed insolite fasi della materia. Spesso enfatizzando la loro bellezza, forse con una certa ingenuità, perché l'emozione estetica nasce proprio dalla rottura della simmetria.

La rivista *Science* nel luglio del 2005 per celebrare il suo 125° anniversario enumerava 125 problemi difficili non ancora risolti. Dei 25 considerati di maggior rilievo ben quindici appartengono alla biologia e alla salute ed uno solo alla chimica. Dopo avere premesso che è l'unica scienza in grado di sintetizzare prodotti che non esistono in natura, si osservava che sino ad ora i chimici hanno imparato a costruire sistemi con un modesto grado di complessità perché più grandi diventano le molecole sintetiche più difficile diventa il controllo della loro forma e della loro stabilità. Pertanto se vogliono realizzare strutture complesse in grado di esercitare funzioni di interesse devono imparare a pensare come la natura.

In biologia il neologismo *omics* viene impiegato per indicare le tecniche sperimentali in grado di fornire informazioni sulla struttura dei geni e delle proteine, tali da indurre i biologi molecolari, quali B.O. Palsson, ad interrogarsi su quale grande quadro uscirà dall'enorme messe di informazioni che stanno affiorando. Per chiedersi quindi se anche la biologia sarà in grado di raggiungere la capacità di simulare con la matematica i processi metabolici nello stesso modo che si riesce a fare per molti prodotti chimici nei complessi impianti nei quali vengono sintetizzati.

Jim Watson ha affermato che "la vita non è che una vastissima gamma di reazioni chimiche coordinate". A tale proposito si può osservare che in una cellula sono presenti le tipiche caratteristiche dei sistemi dell'ingegneria, in particolare:

- *energetiche*: attraverso la demolizione del glucosio con formazione dell'ATP;
- *strutturali*: attraverso la sintesi dei lipidi che si autoassemblano formando la membrana cellulare;
- *controllo e sviluppo*: attraverso la sintesi delle proteine gestite dai geni.

Le cellule sono pertanto dei reattori chimici nei quali le molecole di RNA, DNA e proteine fruendo dell'azione catalitica degli enzimi implementano un programma sofisticato di reazioni che sono richieste per supportare la vita. Tutto ciò grazie all'intervento degli enzimi, i cui centri attivi catalitici sono oggi noti grazie all'impiego dei raggi X e della luce di sincrotrone. Ciò nonostante esistono ancora problemi aperti sul meccanismo con il quale essi operano poiché l'intera molecola con i suoi moti può contri-

buire al processo, ma i dettagli sono ancora controversi. Alla soluzione di questi problemi i chimici possono dare un significativo contributo e nel contempo tentare di creare catalizzatori inorganici che, prendendo ispirazione da tali meccanismi, possano raggiungere elevate selettività. Un contributo sostanziale può venire dall'esperienza maturata dai chimici e dagli ingegneri chimici nella descrizione matematica di sistemi di reazioni presenti in networks di elevata complessità in cui intervengono interazioni collettive che stanno all'origine di processi di autorganizzazione. La loro dinamica non lineare dà luogo ad instabilità che provocano evoluzioni simili alle transizioni di fase dalle quali si originano strutture aventi diversi gradi di organizzazione.

Attualmente la società mondiale deve affrontare una serie di sfide che riguardano la salute, l'alimentazione, il clima e l'ambiente, l'approvvigionamento energetico e di altre risorse, la sicurezza ed infine lo sviluppo economico. La chimica è presente in tutte le attività svolte in tali settori. Primo fra tutti quello delle materie prime e dell'energia per reagire al depauperamento in corso delle risorse naturali. Una risorsa è costituita da materia che non si trova in uno stato di equilibrio con l'ambiente; quelle naturali si trovano in tale situazione per il retaggio di processi che si sono protratti per milioni di anni. Si tratta allora di individuare percorsi innovativi che sappiano sfruttare il basso contenuto entropico dell'energia solare per sintetizzare sostanze con un elevato contenuto di energia libera che possa essere utilizzata in modo controllato nel ripristinare l'equilibrio. Un esempio riguarda la ricerca di un surrogato del petrolio ottenuto, in particolare, mediante l'ingegneria metabolica. Ad esempio esplorando nuovi percorsi riguardanti la fotosintesi di idrocarburi da anidride carbonica realizzata sfruttando l'energia solare mediante l'azione di cianobatteri ingegnerizzati.

In conclusione la chimica continuerà ad avere un ruolo importante nella cultura e nello sviluppo della società umana. Quindi ci sarà spazio per nuovi volumi che trattino la sua storia: in essi però dovrà condividere la posizione di protagonista con altre discipline quali la biologia, l'ingegneria e la matematica.



Giulio Natta e il modello tridimensionale del polipropilene. Durante la consegna del premio Nobel a Natta fu detto: "The scientific and technical consequences of your discovery are immense and cannot even now be fully estimated"

La Società Chimica Italiana su Internet

Sito web della Sci: www.soc.chim.it

È anche attiva una mailing list all'indirizzo: SCI-list@list.cineca.it

Blog della Sci: <http://ilblogdellasci.wordpress.com>

Altri siti attivi sono:

Gruppo Giovani: www.scigiovani.it

Sezione Campania: www.scicampania.unina.it/index.htm

Sezione Lazio: www.soc.chim.it/sezioni/lazio

Sezione Liguria: www.chimica.unige.it/sci/

Sezione Lombardia: www.sci-lombardia.org/

Sezione Veneto: www.chimica.unipd.it/sci/pubblica/

Divisione di Chimica Ambientale e dei Beni Culturali:
www.socchimdabc.it/

Divisione di Chimica Analitica:
www.soc.chim.it/divisioni/chimica_analitica

Divisione di Chimica Fisica:
www.soc.chim.it/divisioni/chimica_fisica

Divisione di Chimica Industriale: www.chimind.it/

Divisione di Chimica Inorganica: <http://dci.mfn.unipmn.it/>

Divisione di Chimica Organica:
www.soc.chim.it/divisioni/chimica_organica

Divisione di Chimica dei Sistemi Biologici:
www.soc.chim.it/divisioni/chimbio

Divisione di Didattica Chimica: www.didichim.org/

Divisione di Elettrochimica:
<http://users.unimi.it/scielettrochimica/>

Divisione di Chimica Farmaceutica:
<http://dcf.frm.uniroma1.it/cgi-bin/home.pl>

Divisione di Spettrometria di Massa:
www.soc.chim.it/divisioni/spettrometria_di_massa

Gruppo Interdivisionale Catalisi:
www.soc.chim.it/it/gruppi_interdivisionali/catalisi

Gruppo Interdivisionale Chimica Computazionale:
www.soc.chim.it/it/gruppi_interdivisionali/chimica_computazionale

Gruppo Interdivisionale di Chimica Strutturale:
www.chim.unipr.it/chimica/link.htm

Gruppo Interdivisionale di Green Chemistry:
<http://www-2.unipv.it/photochem/greenchemistry/>