

Il simbolismo chimico come interpretazione unificante del mondo materiale scientifico moderno

Giovanni Villani

CNR - Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici, (UOS Pisa)

e-mail: villani@pi.iccom.cnr.it

Abstract. Galileo's scientific method, Galileo himself tells us, is built on two pillars: *sensate esperienze* and *dimostrazioni necessarie*. In modern terms, experiments and mathematical formalization. These two pillars played a fundamental epistemological/scientific role and demarcated natural science from philosophical interpretations at the birth of modern science. The other side of the coin of the Galilean cultural revolution was that this definition of science placed not only all the human and social sciences, but also the entire chemical-biological-medical scientific area outside the scientific boundary. This last area, over a three-century long journey, has built a third scientific pillar centered on chemical symbolism, essential for the modern definition of scientificity. This process of scientific "reappropriation" occurred in the animate, inanimate and in the world of artificial substances. Today we can certainly say that chemistry is the preferred language for a scientific description of matter, whether inanimate or animate, whether natural or artificial. It is to the example of chemical symbolism that the human and social sciences should refer for a complete reunification with the natural sciences.

Keywords: Rivoluzione galileiana; scientificità; linguaggio chimico

Quando alla metà del XVII secolo si costruirono le basi della scienza moderna con il contributo determinante di Galileo, questa rivoluzione culturale, prima che filosofico/scientifica, portò all'individuazione del metodo scientifico, quello che ancora oggi è da molti ritenuto il discriminante tra cosa sia scientifico e cosa non lo sia. Molte potrebbero essere le citazioni adatte a illustrare la nuova visione del mondo della nascente scienza moderna. Quella più usata, e che utilizzerò anch'io, è la frase galileiana [1]: "Stante, dunque, ciò, mi par che nelle dispute di problemi naturali non si dovrebbe cominciare dalle autorità di luoghi delle Scritture, ma dalle sensate esperienze e dalle dimostrazioni necessarie." Unanimemente, per "sensate esperienze" si è inteso la parte sperimentale della scienza moderna e per "dimostrazioni necessarie" la sua formalizzazione matematica. Nel Saggiatore, infatti, Galileo ci aveva detto [2]: "La filosofia naturale è scritta in

questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'universo, ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto."

Con questa rivoluzione galileiana nascevano le moderne astronomia, meccanica, fisica in generale; come altra faccia della medaglia, tuttavia, si metteva fuori dalla scientificità le discipline che noi oggi chiamiamo chimica, biologia, medicina, ecc. L'idea di Galileo di scienza si affermò prepotentemente, come evidenzia la citazione di Kant [3] che, un secolo dopo Galileo, affermava, usando proprio l'esempio della chimica, che in ogni dottrina particolare della natura si poteva trovare tanta scienza propriamente detta, quanta era la matematica che vi si trovava; la chimica, pertanto, non poteva divenire nient'altro che una dottrina sperimentale, mai una vera e propria scienza; i suoi principi, infatti, erano soltanto empirici e, essendo inadeguati all'applicazione della matematica, non rendevano affatto comprensibili scientificamente i fenomeni chimici.

Nei secoli successivi, l'area scientifica che va dalla chimica alla medica ha "lottato" per rientrare nel criterio di scientificità mostrando, da un lato, di potere anch'essa usare gli esperimenti e la formalizzazione matematica e, dall'altro, costruendo una sua specifica scientificità. Non è questo il luogo dove mostrare in dettaglio il percorso storico di affrancamento della chimica e delle altre discipline scientifiche dall'idea galileiana, ma vogliamo qui solo rivendicarne la conclusione. Come ho spiegato altrove [4], parafrasando Galileo, il mondo materiale scientifico odierno è scritto principalmente in linguaggio chimico e i suoi caratteri sono atomi, molecole e macromolecole, nel mondo microscopico, e sostanze chimiche, in quello macroscopico. Senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto.

È il linguaggio chimico che ha reso scientifica la chimica odierna, sebbene in essa non vi sia tutta quella matematica che richiedevano essenziale sia Galileo sia Kant. È sempre il linguaggio chimico il comune denominatore delle discipline scientifiche che, partendo dall'analisi degli esseri viventi in generale, e l'uomo in particolare, tramite il mondo microscopico e macroscopico della chimica, ha reso scientifiche la biologia, la farmacologia e la medicina. Inoltre, è sempre il linguaggio chimico che descrivendo e analizzando gli oggetti inanimati, come le rocce o l'intero pianeta Terra, ha reso scientifica la geologia e la climatologia. Questo risultato si può considerare abbastanza noto ed evidente, ma, dato che raramente viene evidenziato, vediamo qualche esempio.

Come detto, la chimica odierna svolge un ruolo essenziale in biologia, farmacologia e medicina. Non è facile pensare a una biologia moderna che faccia a meno delle molecole e macromolecole nella spiegazione del "funzionamento" sia della cellula sia dell'organismo. Migliaia di citazioni potrebbero supportare

questa tesi largamente diffusa nel mondo scientifico. Ne utilizziamo una per tutte: “La nostra comprensione della biosfera deve essere chimica. La chimica organica non è un palcoscenico casuale sul quale i principi astratti della vita mettono in scena uno spettacolo che potrebbe essere rappresentato altrove. La chimica è importante nei dettagli, perché è importante in linea di principio. Alcune delle fondamentali fonti di stabilità e complessità della vita non sarebbero esprimibili in nessun altro sistema. L’ecosistema è il ponte che collega la geochimica alla vita e trasporta gran parte di ciò che è deterministico e necessario nell’ordine metabolico. Le specie emergono ulteriormente nel dominio del caso e sono secondarie. Pertanto, non abbiamo mai bisogno di chiamare l’ecosistema un ‘super-organismo’ per riconoscerne l’integrità, perché lo riconosciamo come in qualche modo precedente agli organismi” [5].

La “molecolarizzazione”¹ degli organismi viventi è stato il tratto saliente della spiegazione biologica del XX secolo. Non si vuole qui assumere che “la vita non è altro che chimica”, ma tale disciplina è il principale punto di riferimento per “leggere” il vivente, la prospettiva privilegiata in cui oggi viene interpretato il vivente [4]. La vita di un organismo, infatti, non si esaurisce nelle relazioni con l’interno (le sostanze chimiche costituenti) e con l’esterno (l’ambiente chimico) in cui esso vive, ma senza di essi non è facile studiarlo scientificamente. È questo il motivo per cui per “riparare” un organismo in farmacologia si ricorre a specifiche sostanze chimiche (principi attivi dei farmaci) e/o a cocktail di esse (Figura 1).



Figura 1. Esempi di farmaci

¹ Vedere, per esempio, Ariane Dröschler, *Storia della biologia*, Carocci, Roma, 2008, pp. 162-164.

Esistono anche, nel caso della farmacologia e della medicina, possibili alternative. Terapie elettriche e magnetiche, per esempio, affiancano quelle farmacologiche chimiche nel trattamento di malattie, ma è indubbio che l'approccio chimico è quello predominante. Inoltre, oggi in medicina si sta sviluppando una medicina molecolare che ha la pretesa di "adattarsi" alle specifiche chimiche delle singole persone e che, quindi, vorrebbe aprire una nuova area culturale, oltre che scientifica, nella cura dei pazienti e nella generale pratica medica.

Come abbiamo detto, le sostanze chimiche svolgono un ruolo essenziale anche nella spiegazione dell'inanimato. Possiamo anzi dire che una delle prime pratiche chimiche dell'antichità è stata quella metallurgica, pratica così importante da aver dato il nome alle epoche storiche del passato (età del rame, del bronzo e del ferro). Le rocce e l'intera crosta terrestre, infatti, sono descrivibili tramite la loro composizione chimica e le loro proprietà ad essa ricollegata (Figura 2). Lo stesso discorso vale per l'atmosfera e per i molti inquinanti in essa presenti.

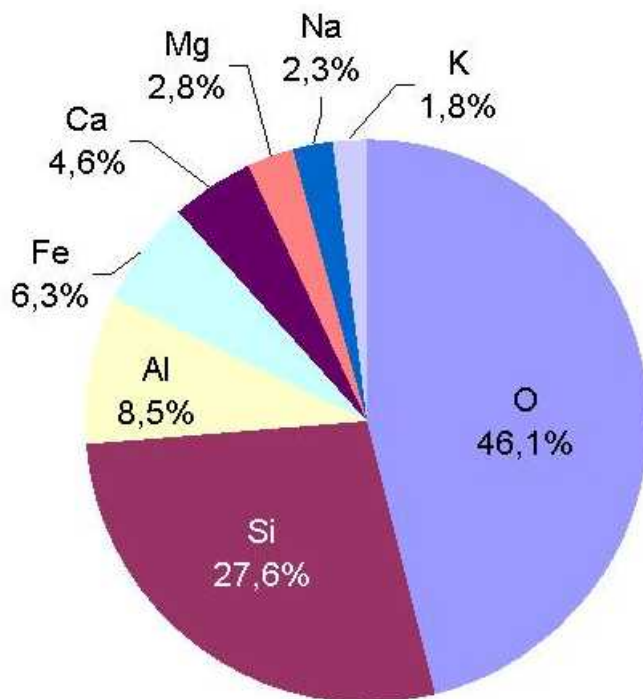


Figura 2. Composizione chimica media della crosta terrestre

Non solo le sostanze naturali sono "chimiche". Anche i materiali sintetici, come le plastiche che costituiscono tanti nostri manufatti e che hanno cambiato, nel bene e nel male, il volto del nostro pianeta, sono "formati" e "descritti" mediante la chimica (Figura 3). La chimica, infatti, non soltanto sa "leggere" il mondo, ma sa anche "scriverlo" [6].

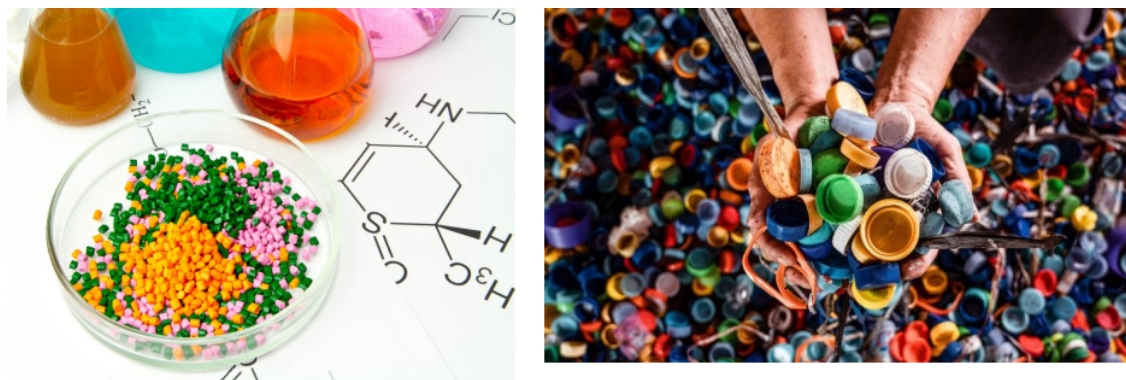


Figura 3. La chimica e le plastiche

Veniamo ora ad analizzare più in dettaglio gli aspetti salienti della spiegazione scientifica proposta dalla chimica [7] sia al suo interno sia nelle discipline scientifiche che poggiano su di essa.

La prima cosa da notare della spiegazione chimica è la particolarità di tale spiegazione di rifarsi al piano microscopico (molecole, principalmente) per comprendere delle proprietà di sostanze macroscopiche (sostanze chimiche). Il connettere e spiegare le proprietà macroscopiche delle sostanze chimiche, con l'aiuto del concetto di composizione/struttura nel piano microscopico, fanno sì che i fatti macroscopici siano considerati spiegati quando sono ricondotti a particolari "aggregati" atomici, dai chimici chiamate molecole, che sono riconosciute e individuate in quanto è lo stesso modello esplicativo che le induce a cercarle.

La compresenza di questi due piani è tipica di tutta la chimica. Tale compresenza, tuttavia, oltre a essere un evidente fattore di ricchezza, può generare delle confusioni a livello didattico. Una cosa essenziale da chiarire, in qualunque corso di chimica (scolastici, ovviamente, e persino in quelli universitari), è che, sebbene esista una corrispondenza praticamente biunivoca tra le molecole (microscopiche) e i composti chimici (macroscopici), non esiste nessuna relazione biunivoca tra le proprietà molecolari e quelle dei composti chimici: una proprietà macroscopica è, in genere, legata a più proprietà microscopiche e, inoltre, per molte proprietà macroscopiche non esiste una controparte molecolare. Alcune proprietà macroscopiche, infatti, sono correlabili non alle proprietà delle singole molecole, ma a quelle dell'insieme di molecole. Sono, pertanto, le interazioni intermolecolari a spiegare queste grandezze macroscopiche. Ciò ha come conseguenza che una sostanza chimica (identiche proprietà molecolari) in differenti stati fisici (differenti interazioni molecolari) ha proprietà macroscopiche molto diverse. Questo non è il solo possibile caso da evidenziare: anche le differenti forme cristalline della stessa sostanza, ad esempio, possono svolgere lo stesso scopo didattico.

La spiegazione di tipo chimico è un modo generale di spiegazione che possiamo ricollegare alla ricerca del *generale*. Nelle spiegazioni scientifiche, un fatto singolo, unico, va sempre connesso ad altri per essere capito. La connessione nel caso della chimica avviene per inclusione dei singoli in “gruppi”, creati tramite l’evidenziare proprietà collettive e collegati a concetti chimici importanti. L’esempio degli acidi e delle basi, degli ossidanti e dei riducenti sono i più evidenti, ma non i soli possibili. Il raggruppare le specifiche sostanze chimiche in “classi” non annulla, tuttavia, le individualità dei singoli, ma consente di “rapportare” le proprietà individuali e di “misurale”. L’acido acetico, o qualunque altro acido specifico, può essere usato per chiarire un tale aspetto: questa sostanza chimica, infatti, viene designata con due termini, “acido” e “acetico”, proprio per mettere in evidenza sia la funzione generale sia quella individuale.

Un altro aspetto importante della spiegazione chimica è quello “contestuale”. Una sostanza/molecola non è né acida né basica, né ossidante né riducente *in sé*, ma si “comporta” in specifici ambienti da acido, da base, da ossidante o da riducente. Le proprietà di una specie chimica sono, quindi, sempre legate sia ai costituenti sia all’ambiente in cui opera. Noi abbiamo collegato questo duplice aspetto ai livelli di complessità della chimica che è una scienza intrinsecamente sistemica [7-10].

L’approccio di tipo chimico è lo stesso che si usa nello studio dei fatti umani e sociali. Anche in questo caso, ogni azione è unica ed è compiuta da un soggetto unico. Tuttavia, se ci si fermasse a ciò non si potrebbe “spiegare” nessun comportamento umano, né singolo né collettivo. Solo raggruppando gli individui e gli enti sociali strutturati (classi, popoli, nazioni, ecc.) e utilizzando poi le proprietà di questi insiemi, insomma un approccio di spiegazione di tipo chimico, si possono interpretare le azioni di tali enti. Solo tenendo in conto il “contesto” in cui operano gli enti umani e sociali si possono capire le loro azioni. La conseguenza di ciò è che la chimica, che da sempre usa un tipo di spiegazione “per enti e relative proprietà in specifici contesti”, può rappresentare un modello di spiegazione per le scienze umane e sociali, molto più della fisica.

Riferimenti

- [1] G. Galilei, Lettere (1610), XIV - *A madama Cristina di Lorena granduchessa di Toscana* ([https://it.wikisource.org/wiki/Lettere_\(Galileo\)/XIV](https://it.wikisource.org/wiki/Lettere_(Galileo)/XIV)).
- [2] G. Galilei, *Il Saggiatore, nel quale con bilancia esquisita e giusta si ponderano le cose contenute nella Libra astronomica e filosofica di Lotario Sarsi Sigensano, scritto in forma di lettera all’ill.mo et rever.mo mons.re d. Virginio Cesarini acc.o linceo m.o di camera di N.S., Giacomo Mascardi, Roma (1623)*.
- [3] E. Bastianon, *Kant e il programma kantiano per la costruzione di un sistema trascendentale dinamico e complesso: il ruolo della chimica* (https://www.academia.edu/13105354/Kant_e_il_programma_di_ricerca_kantiano_per_la_costruzione_di_un_sistema_trascendentale_dinamico_e_complesso_il_ruolo_della_chimica).

- [4] G. Villani, *L'interpretazione chimica del vivente. Fondamenti sistemici delle scienze della vita*, CLUEB, Bologna, 2023, Quarta di copertina.
- [5] E. Smith, H. J. Morowitz, *The origin and nature of life on Earth: the emergence of the fourth geosphere*, Cambridge University Press, New York, 2016, xxii Preface.
- [6] V. Balzani, M. Venturi, *Chimica! Leggere e scrivere il libro della natura*, Scienza Express, Trieste, 2012.
- [7] G. Villani, *Complesso e organizzato. Sistemi strutturati in fisica, chimica, biologia ed oltre*, FrancoAngeli, Milano, 2008, Capitolo 3.
- [8] G. Villani, *La chiave del mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole*, Cuen, Napoli, 2001.
- [9] G. Villani, La chimica: una scienza della complessità sistemica ante litteram, in *Strutture di mondo. Il pensiero sistemico come specchio di una realtà complessa* (a cura di L. Urbani Ulivi), Il Mulino, Bologna, 2010.
- [10] G. Villani, *Chemistry: A systemic complexity science*, Pisa University Press, Pisa, 2017.