

Leggere il mondo con il linguaggio della Chimica: una chiave di lettura universale

Giovanni Villani

Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici (UOS -Pisa) del CNR
e-mail: villani@pi.iccom.cnr.it

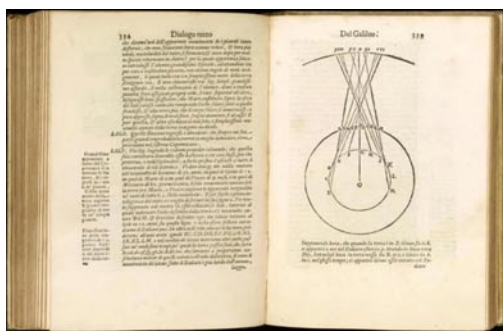
Anche quest'anno la Società Chimica Italiana (SCI) ha partecipato al Festival della Scienza di Genova. La parola chiave scelta per l'edizione del 2022, "Linguaggi", era troppo stimolante per la Chimica e non ho voluto perdere l'occasione di rispondere alla call del Festival, proponendo per la SCI un'iniziativa sul linguaggio chimico.

L'iniziativa si è tenuta il 22 ottobre e ha avuto per titolo quello di questa nota informativa. Vi hanno partecipato Gianluca Farinola (Università di Bari), allora vicepresidente ed oggi presidente della SCI, Giovanni Capranico (Università di Bologna) e il sottoscritto, oltre a un nutrito e interessato pubblico.

L'iniziativa ha avuto il seguente svolgimento. Dopo una veloce presentazione biografica di Capranico, Farinola e Villani tenuta da Silvano Fuso a nome del Comitato Organizzatore del Festival, io ho svolto il compito di introdurre le due conferenze e di inserirle, in una chiave di lettura generale, all'interno del tema del Festival. È poi intervenuto Farinola e, infine, Capranico.

In questa breve nota, si riporta una sintesi dell'evento. La registrazione delle conferenze è, infatti, presente sul sito del Festival, ma la sua fruizione è on demand. Occorre un abbonamento di 10 euro per vedere questa e tutte le altre conferenze (nell'ordine di qualche centinaio) tenute in questa edizione del Festival.

Giovanni Villani: introduzione e una "cornice" per l'iniziativa



Le due conferenze specifiche di Farinola e Capranico avevano lo scopo di mostrare due applicazioni della Chimica e del suo linguaggio. Per inserirle nel contesto del Festival, io sono partito "da lontano", dalla storia concettuale della Chimica e dalla formazione del suo linguaggio specifico.

Quando, infatti, alla nascita della scienza moderna, Galileo delimitava i confini della nuova scienza, l'allora alchimia se ne trovava fuori. Celebre è la frase di Galileo: "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".

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".

Tale idea della scienza era ribadita un secolo dopo dal filosofo Immanuel Kant proprio con l'esempio della Chimica: "Io affermo però che in ogni dottrina particolare della natura si può trovare tanta scienza propriamente detta, quant'è la matematica che vi si trova [...] la chimica non potrà divenire nient'altro che un'arte sistematica, o dottrina sperimentale, mai una vera e propria scienza; i suoi principi, infatti, sono soltanto empirici e non permettono nessuna esibizione a priori nell'intuizione, e di conseguenza, essendo inadeguati nell'applicazione della matematica, non rendono affatto comprensibili secondo la loro possibilità i principi dei fenomeni chimici".

Con questa impostazione galileiana/kantiana, ancora oggi sarebbero fuori della scienza tante parti della Chimica, della Biologia, della Geologia, ecc. Come, infatti, è apparso evidente anche al pubblico del Festival, nelle due conferenze successive non era presente alcuna formula matematica. Ancora oggi la Chimica lavora in maniera differente dal precetto galileiano, ma non per questo è "meno scientifica".

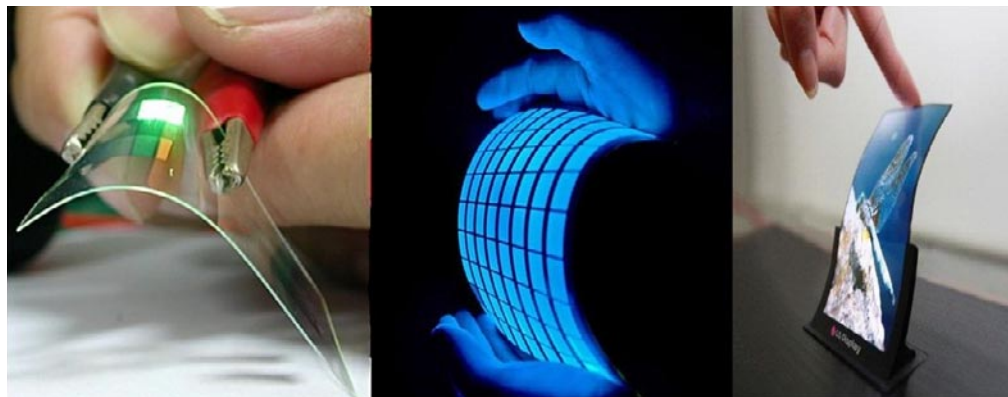
La tesi che io ho voluto sostenere è che, accanto alle "sensate esperienze" (oggi chiamate esperimenti) e alle "certe dimostrazioni" matematiche, la Chimica ha sviluppato un linguaggio concettuale universale, che rende scientifica non solo questa disciplina ma, tramite esso, anche la Biologia, la Geologia, la Medicina e tanta parte della scienza moderna che studia il mondo materiale inorganico, organico e biologico. Parafrasando Galileo, la mia "cornice" a questa iniziativa del Festival si è chiusa con l'affermazione che: "Il mondo materiale scientifico odierno è scritto in linguaggio chimico e i 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".

Gianluca Farinola: Come le molecole possono "controllare" la luce. Dalla optoelettronica alla biologia e ... viceversa

Il relatore ha esordito dicendo che il linguaggio chimico non solo ci aiuta a leggere il mondo, ma è anche uno strumento per modificarlo, rendendo la nostra vita più comoda e confortevole rispetto al passato e permettendo la presenza di miliardi di individui sul pianeta Terra. Il linguaggio chimico, in pratica, può essere usato per tradurre il pensiero chimico in un progetto che porta alla realizzazione di un materiale con specifiche proprietà.

Con questo linguaggio, infatti, noi vogliamo progettare e sintetizzare molecole utili a tante cose e qui vedremo quelle utili per la fotonica e l'elettronica. Alcuni polimeri organici possono, infatti, avere delle proprietà di interazione con la luce e di trasporto di carica che li rendono utili in questi campi. Viceversa, possono produrre luce a partire dalla ricombinazione di carica.

In questa relazione sono state mostrate alcune splendide applicazioni. Esse vanno dai led organici, detti OLED, che ormai sono largamente presenti nelle nostre case, nei cellulari e negli schermi televisivi. Essi permettono, inoltre, di avere luce bianca di ottima qualità risparmiando energia. Farinola ha fatto vedere che le tecnologie che hanno portato agli OLED hanno permesso di ottenere le celle solari di plastica colorate, flessibili e integrabili negli edifici. Esse possono anche essere integrate in un tessuto così che oggi sono disponibili giubbotti e zaini che ci forniscono energia in posti remoti.

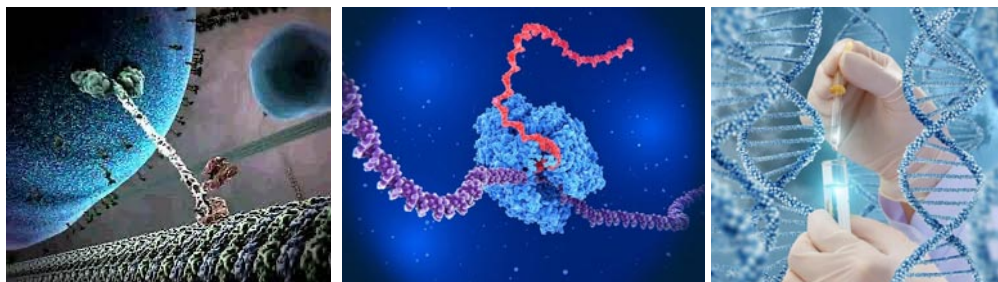


Passando dai polimeri sintetici a quelli naturali, la relazione ha, inoltre, mostrato che alcuni di questi ultimi, come le melanine, hanno delle proprietà di interazioni con la luce che possono essere utilizzate negli ambiti appena visti. Infine, anche i polimeri che si ottengono spontaneamente in certe condizioni dalla dopamina, una sostanza biologica e, quindi, senza impatto ambientale, hanno strutture simili alle melanine e possono essere utili agli stessi scopi. Farinola ha evidenziato che questi polimeri se vengono intrappolati nella seta, danno uno straordinario adesivo biomimetico, simile a quello usato dai mitili per attaccarsi saldamente alle rocce nel mare. Infine, è stato mostrato che tali polimeri possono servire per intrappolare su un elettrodo batteri fotosintetici vivi che, continuando i loro processi, formando celle solari viventi.

Partendo da questa idea, il gruppo di ricerca di Farinola ha pensato di utilizzare direttamente dei microorganismi fotosintetici come celle solari, usando batteri fotosintetici e diatomee (un tipo di microalghe). Si possono così produrre materiali per l'optoelettronica imitando la lumaca marina *Elysia Cholorotica* che conserva nella sua pelle i cloroplasti delle alghe fotosintetiche di cui si nutre diventando capace di fare fotosintesi. Sono state mostrate immagini di queste alghe che, racchiuse in gusci di biosilice nanostrutturata (un vetro naturale), assumono forme bellissime. A tale materiale si possono legare opportune molecole fotosintetiche e utilizzare le diatomee ancora vive per emettere luce, per stimolare la crescita di un osso o per lavorare come un cristallo fotonico allo scopo di modulare la luce di un laser.

Giovanni Capranico: Le macchine molecolari permettono le funzioni del genoma e sono importanti per la medicina personalizzata

Le macromolecole biologiche sono delle macchine molecolari che svolgono tante funzioni tenendo in vita una cellula. Capranico ha mostrato il lavoro specifico di alcune proteine sul DNA. Il problema pratico di cui si è occupato è quello che si genera quando il genoma deve essere trascritto nel RNA o replicato. Per capire il problema meccanico che la natura ha dovuto risolvere in questi casi, il relatore ha considerato che cosa succede quando al DNA, bloccato in qualche modo, si applica o poi si elimina una torsione: si formano dei superavvolgimenti, cioè degli avvolgimenti dei due filamenti del DNA intorno a sé stessi.



Nella relazione è stato mostrato, ad esempio, che per far avvenire la trascrizione del DNA in RNA, una proteina lavora su di un pezzo del DNA aprendolo. A monte e a valle di questo pezzo di DNA si formano i superavvolgimenti citati prima che, se non rimossi, impedirebbero al processo di trascrizione di procedere lungo il DNA. Esiste una famiglia di proteine, le topoisomerasi, che provvede a fare ciò. La topoisomerasi I è una proteina che taglia un filamento del DNA e, tenendolo fermo, fa ruotare l'altro permettendo lo svolgimento dei superavvolgimenti.

Un altro problema, che è stato evidenziato dal relatore, è quello di separare i due filamenti DNA al termine della replicazione per permettere alle due molecole di andare in due cellule diverse. Questo lavoro è svolto dalla topoisomerasi II. Per svolgere questo lavoro, essa deve rompere ambedue i filamenti di un DNA e permettere all'altro DNA di passare e separarsi. La stessa proteina provvede poi a richiudere il DNA rotto.

Capranico ha poi detto che ci sono delle piccole molecole che possono interferire con le attività catalitiche di queste macchine molecolari provocando la morte della cellula, cosa che può tornare utile se vogliamo uccidere delle cellule tumorali. Ci sono sostanze, infatti, in grado di distinguere le cellule tumorali dalle altre cellule e uccidere selettivamente solo quelle. Tuttavia, in alcune cellule tumorali si verificano delle mutazioni del DNA che rendono inutile il lavoro di queste molecole e, allora, è importante conoscere se tali mutazioni sono presenti o no per stabilire la terapia più adatta e per sviluppare quella che oggi si chiama medicina personalizzata.

Le conferenze hanno stimolato un grande interesse e curiosità da parte del pubblico; le domande, infatti, sono state molte e hanno riguardato sia aspetti generali come, ad esempio, il rapporto tra le molecole e la vita o se le topoisomerasi agiscono solo in casi particolari o sempre, sia risvolti più specifici come, ad esempio, il rendimento del fotovoltaico biologico, la sua reperibilità in commercio e la durata nel tempo di questi tipi di celle.