

Inaugurazione Anno Accademico 2013-2014

Prof. Gaetano Tomaselli  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE  
UNIVERSITA' DI CATANIA

*Prolusione*

IL CHIMICO: UN ARCHITETTO CHE PROGETTA E COSTRUISCE EDIFICI  
MOLECOLARI

Van't Hoff, premio Nobel per la chimica nel 1901, aveva visto con gli occhi della mente (1875) che un atomo di carbonio ha quattro valenze orientate ai vertici di un tetraedro, aprendo così la strada alla stereochemica, cioè alla visione tridimensionale della struttura molecolare che è alla base della chimica moderna.

Il fascino delle strutture tridimensionali delle proteine, l'incredibile gioco spaziale della spirale elicoidale del DNA, la stupenda simmetria del fullerene, molecola disegnata nello spazio da esagoni e pentagoni di atomi di carbonio, fanno parte della nostra cultura che si è arricchita della spettacolare bellezza del mondo *invisibile* all'occhio umano. Qualsiasi studente di chimica o biologia è ormai abituato a vedere forme proteiche che si attorcigliano e si srotolano nello spazio, costruendo nella propria mente un mondo colorato di dimensioni molecolari.

Nella loro attività di ricerca i chimici, quando fanno avvenire una reazione e ne seguono l'evoluzione, *visualizzano* oggetti di dimensioni submicroscopiche mentre si muovono, collidono tra di loro e si dispongono in complesse architetture spaziali anche di notevole bellezza estetica.

Il titolo di questa prolusione trae spunto dalla denominazione di "architetti delle molecole" data ai vincitori del Premio Nobel per la chimica 2010, i proff. Negishi, Suzuki e Heck, per avere messo a punto dei protocolli per ottenere architetture molecolari di grande utilità in vari campi come nell'elettronica e in medicina. Questi tre scienziati hanno giocato con le molecole, come se fossero i mattoncini da costruzione LEGO, assemblandole e costruendo strutture complesse e in questo imitando la natura che come architetto principe ha costruito fantastici edifici molecolari come l'RNA e il DNA, macromolecole che caratterizzano gli essere viventi. Il chimico progetta e costruisce nuove strutture che hanno forma e funzioni diverse e questa specificità trova riscontro in poche altre attività umane. Un paragone può essere fatto con l'architetto, un architetto particolare perché gli oggetti che utilizza nel proprio lavoro hanno delle dimensioni estremamente piccole (dell'ordine di qualche centomillesimo di centimetro).

Le molecole sono oggetti tridimensionali e come tali hanno una forma, che è correlata alla disposizione spaziale degli atomi costituenti, da cui spesso dipendono le loro proprietà

La Chimica è riuscita a creare un vero e proprio meccano molecolare che permette di prevedere e di costruire a piacimento le più complesse architetture molecolari: tagliando porzioni di molecole, incollandone altre, allungando catene polimeriche o all'inverso tagliando pezzi di codice genetico e sostituendoli con pezzi diversi. Questa capacità della Chimica ha mostrato un'enorme potenza creativa, dando origine a un mondo "artificiale" che ha completamente trasformato la struttura industriale delle società moderne e ha prodotto profonde trasformazioni sociali. **L'immaginazione scientifica si è così rivelata creativa anche di ricchezza.**

Alcune molecole sono costituite da un numero uguale di atomi identici, concatenati in maniera uguale ma disposti in maniera differente nello spazio (Stereoisomeri). Due molecole di questo tipo, che si caratterizzano per un curioso fenomeno di **asimmetria** perché presentano due strutture che sono l'una l'immagine speculare non sovrapponibile dell'altra (enantiomeri) (come la mano destra e la mano sinistra), ai fini delle loro proprietà sono come due gemelli monozigoti (cioè sono identici in tutti i loro comportamenti tranne per la capacità a ruotare il piano della luce polarizzata in senso orario o anti orario: potremmo definirli **gemello di destra e gemello di sinistra**) e tuttavia hanno delle proprietà biologiche completamente differenti. L'R-limonene (gemello di destra) è l'essenza dell'arancia mentre l'S-limonene (gemello di sinistra) è l'essenza del limone, così come alcune molecole ad attività farmacologica sono costituite da soltanto uno dei due possibili enantiomeri perché magari l'altro non ha alcuna attività o addirittura è tossico. Questo si verifica perché le anche molecole biologiche responsabili dei processi vitali (recettori biologici) sono chirali cioè presentano il fenomeno dell'asimmetria. L'interazione substrato-recettore richiede la complementarietà dell'asimmetria del substrato e del recettore per essere efficace. Ma quello che appare interessante e a cui ancora non si è riusciti a dare una spiegazione definitiva è che la natura per i suoi processi vitali ha scelto le molecole di "sinistra". La stessa molecola del DNA è asimmetrica. Infatti la sua struttura ha la forma di una scala che si attorciglia solo in senso levogiro.

**Primo Levi** nel suo libro ***L'asimmetria e la vita*** insiste molto sulla dissimmetria. La vitalità di tutto nasce da una discrepanza, da una dissimmetria. □ ***L'asimmetria e la vita*** è lo scritto-cardine con cui Levi s'interroga sull'origine della vita, sulla misteriosa circostanza che *"l'asimmetria destra-sinistra è intrinseca alla vita; coincide con la vita; è presente, immancabile, in tutti gli organismi, dai virus ai licheni alla quercia al pesce all'uomo"*. □ La vita è dunque asimmetrica. Cos'è di destra, cos'è di sinistra, si chiedeva Giorgio Gaber in una nota canzone. Almeno in biologia la risposta è univoca. La biologia sta a sinistra. Sulla Terra, l'unico posto dove

sappiamo essersi sviluppata la vita, gli amminoacidi che costituiscono le cellule viventi sono tutti “girati” dal lato del cuore. Per gli scienziati è un grattacapo, dato che l’Universo abbonda di amminoacidi e nello spazio queste molecole si trovano in entrambe le due versioni: destrorsa e sinistrorsa, speculari come le mani. Entrambe le forme sono compatibili con il metabolismo, ma solo una ha vinto sulla Terra.

In vari campi (medicina, ecologia, numismatica, forense etc.) sono richieste architetture molecolari in grado di rivelare la presenza di specie metalliche. I metalli svolgono innumerevoli funzioni nei sistemi biologici e una loro disomeostasi può essere indicativa della presenza di patologie. Un’architettura molecolare in grado di interagire in maniera selettiva con un metallo e di rivelarne la presenza in un determinato ambiente o comparto biologico funziona da  **sensore**.

L’architettura del sensore deve essere progettata in maniera tale che il sensore riconosca in maniera selettiva quel determinato metallo (anche quando questo è presente in concentrazioni estremamente piccole e in presenza di altri metalli simili) e che mandi un segnale luminoso nel momento in cui cattura il metallo.

La slide mostra l’architettura di un sensore per il rame (I), progettato e realizzato nel nostro dipartimento, che, nel momento in cui intrappola il rame, è in grado di dare mediante microscopia confocale a fluorescenza un segnale luminoso che consente di monitorare la distribuzione di questo metallo all’interno di alcuni comparti cellulari (Mitocondrio e Golgi).

Pertanto esiste una stretta relazione fra quella che è l’architettura molecolare e le proprietà che tali architetture impartiscono. Questo nesso è molto importante perché le architetture molecolari più complesse possono essere considerate delle macchine che sono in grado di svolgere un determinato compito, un lavoro specifico. Tali sono le architetture molecolari possedute dalle molecole biologiche come le proteine o il DNA. La maggior parte delle architetture molecolari più semplici sono costituite da atomi tenuti insieme da forze abbastanza forti definite legami chimici covalenti. Tuttavia le architetture più complesse, come quelle realizzate dalla natura, sono costituite da molecole tenute insieme da forze deboli. I chimici hanno imparato la lezione della natura e hanno scoperto che la costruzione di edifici molecolari complessi può essere ottenuta sintetizzando, come mattoni da costruzione, molecole “intelligenti” (“informatizzati”) in grado di organizzarsi spontaneamente e di realizzare la costruzione autonoma dell’edificio. Questo processo è definito autoassemblaggio (Self-assembly) e Lehn, Pedersen e Cram nel 1987 ricevettero il premio Nobel per la chimica per avere scoperto per primi i principi su cui si basa. La slide mostra un esempio di Self-assembly dei nostri laboratori, relativo all’ottenimento di un materiale

polimerico che presenta delle potenziali caratteristiche di conduttore elettrico. Materiale di questo tipo stanno trovando largo impiego nella cosiddetta **elettronica organica**, che permette di fabbricare smart phones e altri dispositivi elettronici anche pieghevoli, illuminazione a led nonché nelle celle solari organiche ovvero nel settore dell'energetica che ha come fonte di energia il sole.

Alla fine degli anni 60 Richard Feynman prospettò per la prima volta la possibilità di manipolare direttamente atomi e molecole. In pochi anni si aprì uno scenario in cui avremmo potuto costruire utensili, macchine e congegni del tutto simili a quelli che normalmente utilizziamo, solamente un miliardo di volte più piccoli. Alla fine degli anni 70 questo nuovo filone di ricerca venne battezzato **Nanoscienza**, utilizzando il prefisso che nel linguaggio scientifico significa appunto un miliardo di volte più piccolo. Feynman fu un apripista per la scoperta di un "Nanomondo" che da sempre era stato dominio esclusivo della natura; in seguito, gli straordinari progressi tecnologici ne hanno consentito l'esplorazione.

Le "Nanoscienze" comprendono tutti i nuovi approcci alla ricerca che studiano i fenomeni e la manipolazione di materiali su scala atomica e molecolare, dove le proprietà differiscono notevolmente da quelle osservate su scale maggiori. La creazione di materiali, sistemi e dispositivi attraverso il controllo della materia su scala nanometrica è ciò che correntemente si intende con il termine di "**Nanotecnologie**".

**Nanomotori**, sviluppati chimicamente da alcuni anni, alimentati e controllati da ultrasuoni e impulsi magnetici, sono stati inseriti per la prima volta in cellule umane viventi alla Penn State University, da un gruppo di chimici e ingegneri. In prospettiva potrebbero venire sfruttati per patologie tumorali e altre malattie manipolando meccanicamente le cellule dall'interno. I nanomotori potrebbero eseguire un intervento chirurgico intracellulare o veicolare in modo non invasivo farmaci nei tessuti viventi.

Attualmente nel campo delle Nanoscienze e Nanotecnologie, grazie alla Ricerca e Sviluppo, si stanno registrando progressi in un'ampia gamma di settori, tra cui quelli concernenti la salute, la società dell'informazione, l'energia, i trasporti, la sicurezza e lo spazio. Alcuni prodotti derivanti dall'uso delle nanotecnologie (cosmetici, rivestimenti etc.) sono già sul mercato, ma in molti altri settori si è ancora allo stadio della ricerca di base e si possono solo ipotizzare "market relevant applications".

Il divario attualmente esistente fra le enormi prospettive a livello industriale ed il livello di conoscenza dei fenomeni, spesso ancora al livello di base, ha fatto sì che a fronte di ingenti investimenti sia stata redatta dalla Commissione Europea e dalla NSF (National Science Foundation - USA) una Roadmap per individuare i prodotti, i sistemi ed i componenti più promettenti nei settori di maggiore interesse. In un rapporto della AT Kearny, "Chemical Industry

Vision 2030: A European Perspective” le Nanotecnologie (Intelligent materials: Nano materials and Functional Textiles) sono indicate (insieme ad Alternative Feedstocks, Alternative energy, Energy storage, Environmental Technology) come uno dei settori a cui dovrà puntare l’Europa per reggere la forte concorrenza dei paesi asiatici. Sarà necessario anche per il nostro Paese puntare alla ricerca, all’alta formazione e alla valorizzazione dei nostri giovani talenti per uno sviluppo economico sostenibile.