

Margherita Venturi

Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician" dell'Università di Bologna

✉ margherita.venturi@unibo.it

Le nanoscienze approdano alla Scuola Segre (e alla Scuola Del Re) con un mare di opportunità didattiche, ma anche di sfide da affrontare

RIASSUNTO Nel 2021 la Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana ha deciso di iniziare congiuntamente la Scuola di Ricerca Educativa e Didattica Chimica "Ulderico Segre", dedicata fondamentalmente ai docenti universitari, e la Scuola Nazionale di Didattica della Chimica "Giuseppe Del Re", rivolta in maniera prioritaria agli insegnanti di scuola secondaria di secondo grado, per il seguente motivo: poiché il tema scelto, le *nanoscienze*, per la sua sempre maggiore importanza in campo applicativo, comincia ad avere anche rilevanti ricadute nella didattica chimica a tutti i livelli d'istruzione, si è voluto favorire e potenziare al massimo l'interazione fra tutti gli attori coinvolti nel processo di insegnamento/apprendimento della Chimica. Dopo due giornate comuni, però, la Scuola Segre e la Scuola Del Re si sono "separate"; per ciascuna sono state, infatti, organizzate due ulteriori giornate con attività specifiche e selezionate ad hoc considerato il diverso target delle scuole. In questo contributo è riportato un breve resoconto delle due giornate introduttive, mentre quello pubblicato di seguito descrive quanto affrontato nelle giornate dedicate specificatamente alla Scuola Segre.

ABSTRACT In 2021 the Didactics Division of the Italian Chemical Society decided to jointly start the "Ulderico Segre" School of Educational Research and Chemistry Didactics, mainly dedicated to university teachers, and the National School of Chemistry Education "Giuseppe Del Re", mainly involving the teachers of the secondary school, for the following reason: since the chosen theme, *nanosciences*, due to its increasing importance in the field of application, begins to have significant impact in chemical teaching at all levels of education, we wanted to favor and maximize the interaction between all the actors involved in the teaching/learning process of Chemistry.

After two common days, however, the Segre School and the Del Re School "separated"; in fact, for each, two further days were organized with activities selected ad hoc considering the different target of the schools. This contribution contains a brief report of the two introductory days, while the one published below describes what was dealt with in the days dedicated specifically to the Segre School.

Introduzione

La Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana organizza annualmente la Scuola di Ricerca Educativa e Didattica Chimica "Ulderico Segre" che si propone di stimolare l'interesse verso la ricerca educativa come strumento per affrontare in modo efficace i problemi di insegnamento/apprendimento a livello universitario, sensibilizzare i docenti, attuali e futuri, alle problematiche relative al processo di insegnamento/apprendimento della Chimica nella scuola e nell'università e proporre strategie didattiche che favoriscano il coinvolgimento attivo degli studenti (<https://www.soc.chim.it/it/divisioni/didattica/scuola-didattica>). Quest'anno la Scuola, giunta alla sua XIII edizione, si è focalizzata su un tema, quello delle *nanoscienze*, che assume importanza sempre maggiore in campo applicativo e che, quindi, comincia ad avere anche rilevanti ricadute nella didattica chimica a tutti i livelli d'istruzione. Infatti, questo tema è sempre più spesso oggetto di corsi specifici avanzati a livello universitario, ma è lecito chiedersi se i concetti chiave delle nanoscienze possano influenzare la didattica degli insegnamenti della Chimica di base.

Le prime due giornate di attività, 17 e 18 novembre 2021, si sono svolte in comune con la Scuola Nazionale di Didattica della Chimica "Giuseppe Del Re" (<https://www.soc.chim.it/it/node/2638>) allo scopo di favorire e potenziare l'interazione fra tutti gli attori

coinvolti nel processo di insegnamento/apprendimento della Chimica. Alle due giornate comuni ne sono seguite altre due, 23 e 30 novembre 2021, su aspetti della tematica generale più avanzati e di più specifico interesse della Scuola Segre; un resoconto di tali giornate è riportato da Floriano e Venanzi in un contributo pubblicato di seguito a questo che, invece, riguarda le due giornate comuni.

Prima di entrare in dettaglio sugli argomenti affrontati nelle attività introduttive, è giusto fare qualche considerazione generale sulla platea che ha partecipato alla Scuola; per ovvi motivi e come per il 2021, si è dovuta adottare la modalità a distanza che, se da una parte non ha permesso di lavorare in piccolo gruppo, dall'altra ha favorito una partecipazione più ampia rispetto alle edizioni in presenza: 96 docenti di cui 37 universitari e 59 insegnanti di scuola secondaria di secondo grado. Si è anche deciso di limitare gli incontri al pomeriggio per avere la massima presenza soprattutto dei docenti di scuola che di mattina sono impegnati con le lezioni. Inoltre, come è emerso da un questionario che abbiamo chiesto di compilare alla fine delle quattro giornate di lavoro, il tema affrontato e le attività presentate durante la Scuola hanno riscosso il gradimento dei partecipanti. In figura 1 sono mostrate alcune domande significative e relative risposte che ci hanno ulteriormente convinto della validità di quanto proposto.

E ora veniamo ad un breve resoconto delle due giornate introduttive che, come detto sopra, si sono svolte in comune con la Scuola Del Re; questa Scuola, in analogia con la Segre, è proseguita con due giornate su aspetti selezionati ad hoc, ma, a differenza di essa e come già avvenuto per l'edizione 2020 della Del Re, prevede anche la progettazione da parte degli insegnanti di un'attività da svolgere in classe e la presentazione del lavoro fatto a tutti i partecipanti. Presumibilmente ciò si concluderà entro la fine di marzo e solo allora potremo tirare le fila; questo significa che un rendiconto su questa Scuola potrà apparire solo nel prossimo numero della nostra rivista.

17 novembre 2021: aspetti generali

Dopo i graditi saluti e gli auguri di buon lavoro da parte del Ministro dell'Istruzione, prof. Patrizio Bianchi, la scrivente ha brevemente introdotto il tema affrontato dalle due Scuole. Ha sottolineato che le nanoscienze non sono un nuovo campo della scienza, ma costituiscono il raccordo

Sei d'accordo con le seguenti affermazioni?

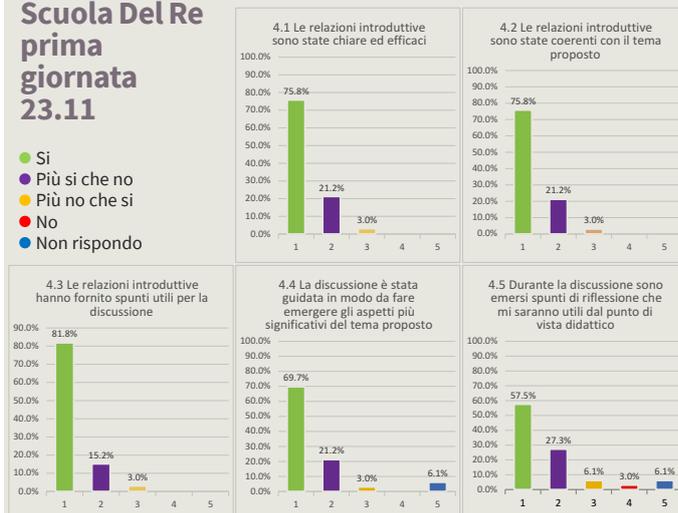
I risultati sono espressi in % rispetto al numero delle risposte

● Si ● Più sì che no ● Più no che sì ● No ● Non risponde



Scuola Del Re prima giornata 23.11

● Si ● Più sì che no ● Più no che sì ● No ● Non risponde



Scuola Del Re seconda giornata 30.11

● Si ● Più sì che no ● Più no che sì ● No ● Non risponde

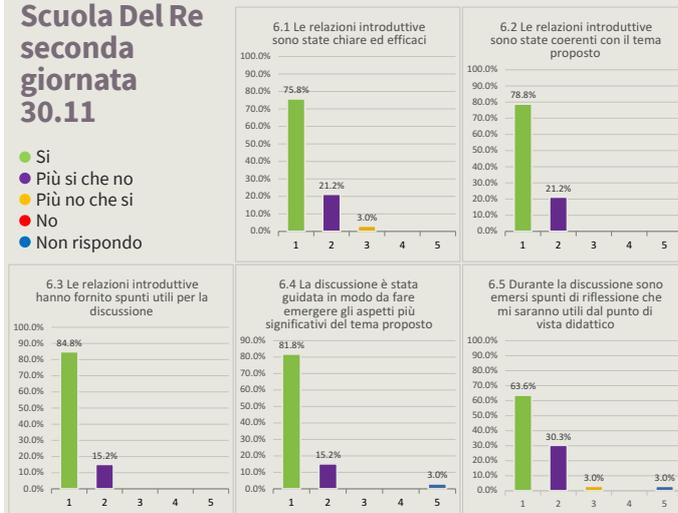


Fig. 1 Alcune domande e relative risposte del questionario sottoposto ai partecipanti la Scuola Segre

fra il mondo macroscopico e il mondo micro- e ultramicro-scopico; riguardano, infatti, quei sistemi le cui dimensioni spaziano da qualche nanometro a circa un centinaio di nanometri; la novità sta nel fatto che solo recentemente, con lo sviluppo di appropriate tecniche sperimentali, è stato possibile spingere le indagini al di sotto del centinaio di nanometri evidenziando che in questo range di dimensioni la materia ha un comportamento peculiare e unico. Partendo da questa premessa ha, quindi, descritto brevemente quanto sarebbe stato affrontato nel corso delle due Scuole: dalle peculiarità più importanti (ad esempio, la dipendenza delle proprietà dalle dimensioni, il rapporto superficie/volume che aumenta esponenzialmente al diminuire delle dimensioni, l'auto-assemblaggio come principio organizzatore del nanomondo biologico), alle tecniche spettroscopiche in grado di ottenere immagini a livello nanometrico, dalle applicazioni in campo industriale, medico e informatico, ai problemi sociali ed etici che sono sempre insiti nella tecnologia; infatti, come ha detto C. P. Snow: *Technology ... is a queer thing. It brings you great gifts with one hand, and it stabs you in the back with the other.*

Finita la breve introduzione è stata la volta di quattro relatori esperti del settore; il primo, **Gianfranco Pacchioni** del Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università Milano-Bicocca, nella relazione intitolata *Dall'invenzione della carta all'iPhone - Come le nanotecnologie hanno cambiato il mondo*, ha ripercorso la storia della diffusione della cultura e del sapere. Se per secoli i soli supporti su cui conservare e trasmettere conoscenza e informazione sono stati tavolette di argilla, papiri e pergamene, grazie alla carta e all'invenzione della stampa a caratteri mobili il sapere ha iniziato a diffondersi sempre più. Ma nel XX secolo, grazie alle nanotecnologie, ai transistor, ai dischi magnetici e alle fibre ottiche, il mondo della conoscenza ha visto la rivoluzione più profonda che i Sapiens abbiano mai sperimentato. Il relatore ha, quindi, ricordato che nel giro di pochi decenni siamo passati da pesanti calcolatrici meccaniche a potentissimi computer tascabili con cui siamo in contatto diretto e continuo con miliardi di nostri simili (Figura 2).

Si tratta di una rivoluzione che ne sta portando altre; infatti, dopo internet, smartphone e social media, sono in arrivo intelligenza artificiale, machine learning, data science. Quindi, conoscere le potenzialità delle nanotecnologie è fondamentale per capire il futuro che ci aspetta [1] (video della presentazione).

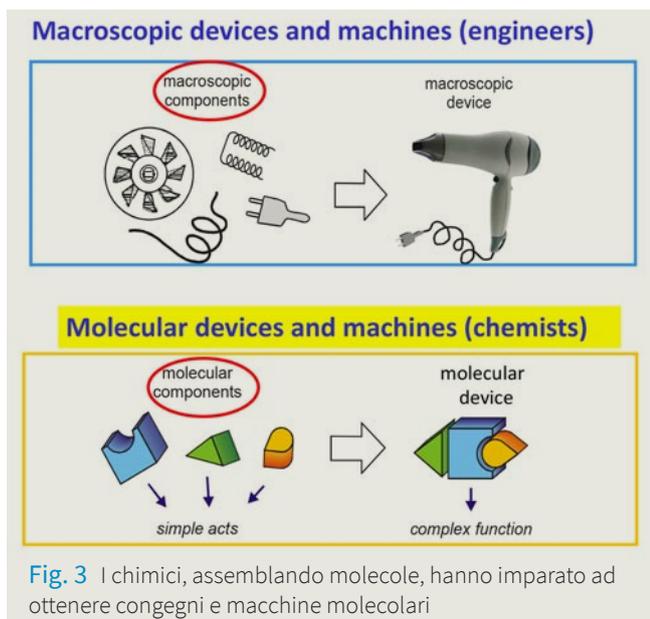


Fig. 2 I "frutti" delle nanotecnologie

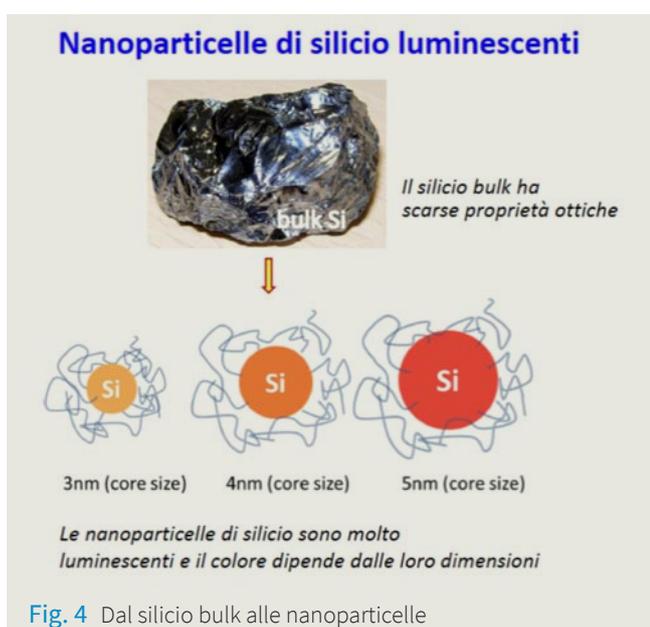
Il secondo relatore, **Giovanni Capranico** del Dipartimento di Farmacia e Biotecnologia dell'Università di Bologna, ci ha portato nel mondo della Biologia; ha, infatti, affrontato il tema *Gli enzimi nucleari come macchine molecolari coordinate per permettere l'espressione del genoma*. Partendo dalla considerazione che l'espressione del genoma determina i processi vitali di una cellula e che, a sua volta, le funzioni del genoma sono determinate e regolate da una serie di macchine molecolari costituite soprattutto da proteine e RNA, il relatore si è concentrato sul fatto che le funzioni del genoma richiedono la separazione dei due filamenti della doppia elica di DNA e il loro successivo ri-appaiamento e che questa necessità strutturale comporta importanti tensioni torsionali del duplex che sono risolti dalle DNA topoisomerasi [2] (video presentazione).

È stata poi la volta di **Vincenzo Balzani**, professore emerito dell'Università di Bologna, che nella sua relazione *Dalle molecole alle macchine molecolari* ha parlato dello sviluppo della Chimica supramolecolare. Ha, infatti, mostrato come negli ultimi 30 anni i chimici abbiano imparato a sintetizzare molecole "su ordinazione" e ad associarle in modo appropriato per formare sistemi supramolecolari che, stimolati da impulsi esterni (luminosi, elettrici, chimici), sono in grado di svolgere funzioni specifiche (Figura 3).

Il relatore si è, quindi, focalizzato sulla sintesi e sulla descrizione di quei sistemi supramolecolari capaci di compiere movimenti di tipo meccanico; si tratta di vere e proprie macchine di dimensioni nanometriche che, in un futuro non troppo lontano, potranno offrire affascinanti prospettive nei più disparati settori, dalla medicina, ai materiali innovativi e all'informatica [3] (video presentazione).



L'incontro si è chiuso, dulcis in fundo, con l'intervento di una relatrice, **Paola Ceroni** del Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician" dell'Università di Bologna, che ha parlato di *Nanoparticelle e luce: un futuro solare*. Dopo aver ribadito il concetto che le proprietà dei materiali cambiano drasticamente passando dal mondo macroscopico al mondo nanometrico, ha mostrato il caso eclatante del silicio: campioni macroscopici di questo elemento hanno scarse proprietà ottiche, cioè assorbono poco la luce solare e non sono luminescenti, mentre campioni di dimensioni nanometriche, cioè nanoparticelle di silicio, sono altamente luminescenti (Figura 4) e se, opportunamente ricoperti alla loro superficie con coloranti, funzionano come antenne molecolari,



utili per la conversione dell'energia solare in elettricità [4] (video presentazione).

Nonostante la tarda ora, la discussione è stata abbastanza vivace: la maggior parte delle domande ha riguardato gli sviluppi futuri, in qualche caso anche preoccupanti, delle nanotecnologie (vedi, ad esempio, l'intelligenza artificiale), un possibile utilizzo delle macchine molecolari artificiali e le tecniche di sintesi delle nanoparticelle di silicio, comprese altre loro applicazioni soprattutto in ambito medico.

18 novembre 2021: aspetti epistemologici, storici, inter- e trans-disciplinari

Questo incontro si è focalizzato sui risvolti delle nanoscienze più propriamente didattici, aprendo anche a considerazioni etiche e sociali.

Il primo relatore, **Giovanni Villani**, ricercatore dell'Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici del CNR di Pisa, ha affrontato gli aspetti epistemologici, ma non solo, come recita il titolo del suo intervento *Aspetti epistemologici delle nanoscienze ed altro*. Dopo aver ricordato che le nanoscienze sono intermedie tra il mondo molecolare chimico e il mondo macroscopico, sia sotto il profilo concettuale sia sotto quello materiale, riguardando enti con dimensioni nel range tra 10 e 100 nanometri, il relatore ha sottolineato che tali enti, proprio per le loro dimensioni, hanno caratteristiche chimiche e fisiche differenti non solo dalle corrispondenti molecole costitutive, ma anche da un loro campione macroscopico. La scala dimensionale delle nanoscienze, inoltre, è anche quella tipica delle macromolecole e delle macchine cellulari (come, ad esempio, i mitocondri) e, quindi, le problematiche tra le macchine artificiali delle nanoscienze e quelle naturali delle cellule sono evidenti. La relazione si è pertanto focalizzata sui concetti fondanti, sulle teorie di riferimento e sulle pratiche conoscitive associabili alle nanoscienze e del loro rapporto, da un lato, con il mondo molecolare della Chimica e, dall'altro, con il mondo biologico cellulare [5] (video presentazione).

La discussione che ha sollevato l'intervento di Villani è stata ampia e stimolante; un aspetto che è emerso è quello del concetto e/o definizione di sostanza che presenta risvolti problematici; infatti, c'è la tendenza comune ad usare tale termine come sinonimo sia delle molecole costituenti la sostanza stessa, che di materiale. Il dibattito su questo punto è stato molto acceso con il confronto di vari punti di vista e non si è concluso, tanto è vero che il tema è stato ripreso anche nell'ultima giornata dedicata alla Scuola,



Fig. 5 Faraday e la sintesi delle nanoparticelle di oro

come riportato nel contributo di Floriano e Venanzi che segue.

Con **Luigi Fabbrizzi**, professore emerito dell'Università di Pavia, si sono affrontati gli aspetti storici; nel suo intervento, intitolato *Una storia delle nanoscienze a tappe*, il relatore si è posto alcune domande di base: cosa sono le nanoscienze? Cosa sono le nanotecnologie? Sono nate prima le nanoscienze o le nanotecnologie? Per rispondere ai primi due interrogativi ha ricordato che tra il mondo macroscopico, che da sempre percepiamo con i nostri sensi (interpretato dalla fisica classica), e il mondo delle molecole (teorizzato dalla meccanica quantistica e ordinato dalle leggi della Chimica) esiste una 'terra di mezzo', caratterizzata dalle dimensioni delle particelle, tra 1 e 100 nm, un mondo a misura nano (nanoworld), con proprietà uniche, ben distinte da quelle degli altri due mondi, che è appunto l'oggetto di interesse delle nanoscienze. Le nanotecnologie, invece, studiano lo sviluppo di nuovi materiali che sfruttano le caratteristiche delle nanoparticelle nell'ambito della catalisi, dell'elettronica, della medicina, dell'energia e dell'ambiente. Quindi, le prime riguardano la scienza e la ricerca scientifica, mentre le seconde sono coinvolte nelle applicazioni. Usando un excursus storico molto dettagliato il relatore ha poi cercato di rispondere al suo terzo interrogativo: sono nate prima le nanoscienze o le nanotecnologie? Uno potrebbe dire che si tratta della classica domanda: è nato prima l'uovo o la gallina? E invece no, perché il relatore ha dimostrato con chiarezza che l'uso delle nanotecnologie va molto indietro nel tempo e, anche, che è stato fin da subito un uso "consapevole", al contrario di quello che comunemente si dice; ha, infatti, riportato ricette antiche per la sintesi di nanoparticelle (Figura 5). Ovviamente per evidenziare

i "prodotti" della nanotecnologia si è dovuto aspettare lo sviluppo di appropriati strumenti di indagine e anche questo punto è stato affrontato in un'ottica storica.

Il grandissimo pregio di questo contributo è che il relatore ha saputo unire con grande maestria gli aspetti storici e didattici: come riprodurre in classe le antiche ricette per preparare nanoparticelle, quali altri tipi di sintesi si possono usare, quali strumenti possono essere utilizzati per riconoscerle e quali risvolti applicativi possono avere, con particolare riguardo per i pro e i contro [6] (video presentazione).

Anche in questo caso la discussione è stata vivace e si è concentrata soprattutto sui possibili spunti didattici: cosa si può affrontare nella scuola secondaria di secondo grado, quando e come; cosa, invece si può affrontare a livello universitario, se è meglio inserire questi argomenti nell'insegnamento di base della Chimica o se è meglio rimandarli in un ambito più specialistico. Chiaramente la discussione non è finita, ma è stata solo rimandata alle battute finali della Scuola Segre.

Ha chiuso il pomeriggio la sottoscritta che, con una relazione dal titolo *L'approccio della Chimica supramolecolare all'interpretazione del mondo macroscopico: la scala della complessità chimica*, ha cercato di dimostrare che alla base dell'ordine che caratterizza il mondo biologico c'è un solo e potentissimo processo: il riconoscimento e l'associazione molecolare. Questo altro non è che l'approccio tipico della Chimica supramolecolare che permette di unire, con un unico e incredibile filo logico, il mondo invisibile degli atomi e delle molecole al mondo macroscopico che culmina con l'uomo. Si tratta di intraprendere un meraviglioso viaggio che consiste nel salire la scala della così detta complessità chimica (Figura 6) che parte dagli atomi e arriva, gradino dopo gradino, fino all'uomo che, per quanto riguarda



Fig. 6 La scala della complessità chimica permette di unire il mondo invisibile al mondo macroscopico

il mondo biologico, è sicuramente l'esemplare più complesso dal punto di vista chimico.

Durante questo viaggio la relatrice ha anche messo a confronto le macchine molecolari create dai chimici e le macchine molecolari naturali dimostrando quanto il confronto sia impari e a favore della Natura che ha avuto millenni per sviluppare e migliorare i suoi sistemi [7] (video presentazione).

Quindi, il contributo ha cercato di riprendere i concetti esposti dai relatori precedenti e di preparare il terreno per l'ultima giornata della Segre; proprio per questo e, soprattutto per la tarda ora, la discussione praticamente si è limitata ad un ringraziamento per i relatori del pomeriggio: i partecipanti ormai erano abbastanza provati.

Conclusione

Anche se le considerazioni che posso trarre nel mio contributo riguardano solo due delle quattro giornate della Segre, l'opinione personale è che siamo partiti bene e, come recita un vecchio adagio, *chi ben comincia è a metà dell'opera*.

Mi sembra di poter dire che la consapevolezza delle grandi opportunità didattiche che l'introduzione delle nanoscienze, sia a livello di scuola di secondo grado che di università, può offrire cominci a farsi strada e stia sgomberando il campo dalle molte perplessità. Ovviamente occorre ancora superare tante sfide, ma la Divisione di Didattica è al fianco dei docenti proprio per questo. ■

Riferimenti

- [1] (a) G. Pacchioni, *Quanto è piccolo il mondo*, Zanichelli, 2008; (b) G. Pacchioni, *Il nanomondo dai virus ai transistor*, Edizioni Dedalo, 2021.
- [2] M. Balistreri, G. Capranico, M. Galletti, S. Zullo, *Bioteologie e modificazioni genetiche. Scienza, etica, diritto*, il Mulino, 2020.
- [3] (a) V. Balzani, A. Credi, M. Venturi, *Molecular Devices and Machines – Concepts and Perspectives for the Nanoworld*, Wiley-VCH, 2008; (b) A. Credi, V. Balzani, *Le macchine molecolari*, 1088 Press - Alma Mater Studiorum Università di Bologna, 2018.
- [4] R. Mazzaro, F. Romano, P. Ceroni, Long-lived luminescence of silicon nanocrystals: from principles to applications, *Phys.Chem.Chem.Phys.*, 2017, **19**, 26507.
- [5] (a) G. Villani, *Complesso e organizzato - Sistemi strutturati in fisica, chimica, biologia ed oltre*, FrancoAngeli Edizioni, 2008; (b) G. Villani, *Chemistry – A systemic complexity science*, Pisa University Press, 2017.
- [6] L. Fabbri, Beyond the molecule: intermolecular forces from gas liquefaction to X–H...π hydrogen bonds, *ChemPlusChem*, 2022, **87**, e202100243.
- [7] (a) V. Balzani, M. Venturi, Dall'atomo all'uomo: la complessità dalla chimica alla biologia, in *Complessità, Evoluzione, Uomo* (Ed. F. Facchini), Jaca Book, 2011, p. 79; (b) M. Venturi, V. Balzani, Dall'atomo all'uomo, *Sapere*, 2013, **79**, 42.