



Società Chimica Italiana

## **La Chimica nella Scuola**





- 5** Editoriale  
Trent'anni di Erasmus  
*Luigi Campanella*
- 9** Dalla Copertina  
Robert Sanderson Mulliken  
*Pasquale Fetto*
- 15** L'inclusione dei BES attraverso la realtà compensativa.  
I mediatori concreti in un caso di autismo  
*Enrico Mansueti, Liberato Cardellini*
- 39** Un approfondimento della tautomeria chetoenolica  
e una particolare ossidazione degli alfa chetoli  
con relative osservazioni  
*Roberto Soldà*
- 45** Chimica e Creatività  
*Margherita Venturi*
- 67** Friedrich Wohler e Hermann Kolbe: dal primo  
composto organico sintetizzato da materiali  
inorganici alla prima sintesi totale  
*Rinaldo Cervellati*
- 77** Science on Stage Europe, un network di idee  
*Paola Ambrogi, Giorgia Messori*
- 81** GNFSC - XVII Convegno Nazionale  
*Marco Taddia*
- 83** Federchimica per la scuola  
*Luigi Campanella*
- 87** Un progetto di alternanza scuola-lavoro sull'antisofisticazione  
agro-alimentare.  
Quarta edizione della borsa di studio "Didattica della Chimica  
per Rosignano"  
*Valentina Domenici*
- 89** Il nuovo Direttivo del GNFSC
- 91** Spais 2018



## **Trent'anni di Erasmus**

Roma ha permesso a più di tre milioni di studenti europei di trascorrere parte dei loro studi in università o organizzazioni giovanili di un altro Paese dell'Unione Europea. Il programma Erasmus compie trent'anni. Dal 2014 ha cambiato nome ed ha allargato i propri orizzonti. Ora si chiama **Erasmus +**, si rivolge a tutti – studenti, imprenditori, apprendisti, insegnanti, volontari, sportivi e altro ancora – e ha un'attenzione particolare al miglioramento delle prospettive occupazionali dei giovani e al passaggio dalla scuola al mondo del lavoro: lo testimonia l'aumento delle opportunità di tirocinio e apprendistato.

Per festeggiare i primi trent'anni dell'Erasmus, la Commissione europea ha lanciato un sito web dedicato, disponibile anche in italiano: ([ec.europa.eu/programmes/erasmus/anniversary\\_it](http://ec.europa.eu/programmes/erasmus/anniversary_it)).

Attraverso il sito ci si può informare sugli eventi organizzati in tutta Europa e su come partecipare al programma. I numeri definiscono la portata di Erasmus+: nel 2015 quasi 700mila ragazzi hanno studiato, lavorato, si sono formati, hanno fatto volontariato in Europa. Questo grazie allo stanziamento di oltre due miliardi di euro da parte dell'Unione europea nel solo 2015, che si sono tradotti in quasi 17mila progetti portati avanti da quasi 70mila organizzazioni.

L'Italia (2,6mila studenti) è risultato il quarto Paese UE per numero di partecipanti, subito dietro il podio occupato da Spagna (37mila), Francia e Germania (entrambe con 36mila partecipanti). Tra le università italiane, il numero più alto di partenze si registra a Bologna (2° a livello europeo), Padova (5°) e Roma La Sapienza (15°). Prima università del sud la Federico II di Napoli (35° posto), seguita da Palermo al 63° posto. E l'Italia si è confermata una meta popolare: con più di 20mila gli studenti Erasmus provenienti da altri Paesi UE, si classifica quinta. In testa alla classifica figura la Spagna con quasi 40mila studenti, seguita da Germania e Francia (entrambe intorno ai 30mila studenti). Tra le università italiane a ricevere il maggior numero di studenti figurano Bologna (4° posto a livello europeo) e Roma la Sapienza (11°).

Non più solo universitari: l'Erasmus ormai riguarda studenti di ogni ordine e grado e persino gli insegnanti. A fare, il punto sul progetto, che ha festeggiato il trentesimo anniversario dal suo avvio, è Sara Pagliai, coordinatrice dell'Agenzia nazionale Erasmus + Indire che ha sede a Firenze.

Siamo partiti con appena 220 universitari italiani e 3.244 in totale nel 1987, per arrivare a 33.977 italiani e 291.121 partecipanti complessivi nel 2016. Il progetto è stato esteso oltre l'Europa, ai Paesi dello Spazio Economico Comune (Islanda, Liechtenstein e Norvegia), alla Turchia, alla Macedonia e ad altre nazioni. Infine è andato oltre l'università.

Ci sono prima di tutto gli insegnanti di ogni ordine e grado, che vanno all'estero per programmi formativi oppure per confrontare il proprio metodo di lavoro con quello di altri Paesi.

La Commissione europea ha valutato come i ragazzi che hanno partecipato al progetto Erasmus abbiano un grado di "occupabilità" doppio rispetto ai loro coetanei. Trovano cioè lavoro molto più facilmente grazie alle esperienze che hanno fatto e soprattutto alla capacità di adattamento e di risoluzione dei problemi che hanno maturato. C'è poi un secondo indice meno economico ma altrettanto significativo: quello delle nascite Erasmus. Dall'avvio del progetto sono nati un milione di bambini da genitori che si sono conosciuti partecipando al progetto. Si tratta, nella maggior parte dei casi, di coppie miste, con genitori di Paesi diversi: un altro contributo importante al consolidamento di un'Europa vera.

Quale futuro per l'Erasmus dopo il 2020? In quale direzione sviluppare una delle iniziative più note dell'Unione europea? Ecco alcune delle domande che la Commissione europea ha deciso di sottoporre a tutti i soggetti interessati tramite una "consultazione pubblica", strumento largamente usato dall'esecutivo europeo per raccogliere idee su come sviluppare le politiche. Sul tema è stata aperta una consultazione pubblica: l'Europa si attende consigli inediti.

La consultazione ha riguardato studenti, ma anche giovani imprenditori o aspiranti tali: si tratta di un'opportunità per imparare i segreti del mestiere da professionisti già affermati che gestiscono piccole o medie imprese di un altro paese partecipante al programma. Lo scambio di esperienze avviene nell'ambito di un periodo di lavoro presso la sede dell'imprenditore esperto, che aiuta il nuovo ad acquisire le competenze necessarie a gestire una piccola impresa.

Finora l'Italia e la Spagna hanno registrato il più alto numero di neo imprenditori, seguite da Romania, Grecia e Polonia. Ordine invertito invece per le destinazioni più popolari: Spagna prima e Italia seconda. La maggioranza dei neo imprenditori ha meno di 40 anni (89%) mentre gli imprenditori esperti sono per la maggior parte al di sotto dei 50 (74%).

Come si comprende uno strumento, l'Erasmus, significativo e creativo, sociale ed economico, formativo ed educativo che però - come sempre in una società che cambia - deve essere aggiornato e modulato continuamente.





**Dalla Copertina**

a cura di Pasquale Fetto  
(pasquale.fetto@didichim.org)

## **Robert Sanderson Mulliken**

**Newburyport 7 giugno 1896**  
**Arlington 31 ottobre 1986**

di  
**Pasquale Fetto**



**Robert Sanderson Mulliken** chimico e fisico americano, **premio Nobel** per la chimica nel 1966 con la seguente motivazione:

*“per il suo fondamentale lavoro sull'attrazione chimica e sulla struttura elettronica delle molecole, attraverso lo studio dell'orbitale molecolare”.*

### **Premessa**

Per poter avere una visione, la più completa possibile, dell'*imprinting* che l'ambiente familiare ebbe sulle scelte di Robert Mulliken, è bene ricordare che l'analisi qualitativa organica sistematica come mezzo per insegnamento della chimica organica era in gran parte un'invenzione americana che era iniziata alla fine del diciannovesimo secolo grazie al padre Samuel Parsons Mulliken.

Samuel Mulliken trascorse la maggior parte della sua carriera a studiare, insegnare e scrivere libri di qualitativa organica al Massachusetts Institute of Technology (MIT)<sup>1</sup>. Alcuni scritti di Samuel Mulliken presentano, oltre al ruolo pionieristico nello sviluppo dell'analisi qualitativa organica sistematica, anche alcuni aspetti correlati della sua vita accademica (Bulletin for the History of Chemistry - School of Chemical Sciences)[1]. Una precedente pubblicazione in *The Nucleus*<sup>2</sup> sebbene riguardasse lo sviluppo organico di qualitativa, era principalmente dedicata alla vita personale e alla carriera professionale di Mulliken [2].

1. Il MIT è una delle più importanti università di ricerca del mondo con sede a Cambridge, nel Massachusetts.

2. Pubblicazione ufficiale della sezione nord-est della American Chemical Society.

**Robert Sanderson Mulliken** nacque a Newburyport (Massachusetts) il 7 giugno 1896 da Samuel Parsons Mulliken e Katherine Wilmarth. Il padre era professore di chimica organica presso il MIT. Robert era dotato di una eccellente memoria selettiva. Sin da piccolo imparò il nome e la classificazione botanica delle piante. Imparò, sempre da bambino, il tedesco riuscendo addirittura a saltare il corso di tedesco scientifico al college grazie alla sua buona conoscenza della lingua. Conobbe, ancora bambino, il chimico fisico Arthur Amos Noyes (1866 – 1936) collega del padre presso il MIT. Furono il padre e Arthur A. Noyes che ebbero forti influenze suscitando in Robert l'interesse per la scienza.

Seguì i suoi studi scientifici presso il liceo di Newburyport. Nel 1913 riuscì ad ottenere una borsa di studio per il MIT, che era stata precedentemente vinta da suo padre. Come suo padre, si laureò in chimica.

Robert condusse, ancora studente universitario, la sua prima ricerca pubblicabile: sulla sintesi di cloruri organici.

Robert, non essendo sicuro della sua strada futura, inserì nel curriculum degli studi alcuni corsi di ingegneria chimica e visse un periodo estivo negli stabilimenti chimici del Massachusetts e del Maine. Conseguì la laurea in chimica presso il MIT nel 1917. Dopo la laurea dal 1917 al 1918 lavorò come Ingegnere Chimico presso l'Ufficio delle Miniere degli Stati Uniti<sup>3</sup>. Nel 1919 entrò nel programma PhD presso l'Università di Chicago; ottenne il dottorato nel 1921 con una tesi imperniata nella ricerca sulla separazione degli isotopi del mercurio per evaporazione, e continuò nella sua separazione isotopica con questo metodo. Durante la sua permanenza a Chicago studiò con il fisico Robert Andrews Millikan (Nobel per la fisica nel 1923).

Assistente in Rubber Research, New Jersey Zinc Company, Pennsylvania, 1919.

Il National Research Council (NRC), che aveva finanziato gran parte del suo lavoro sulla separazione degli isotopi e aveva esteso il finanziamento al 1923, decise di rinnovarlo per due anni in modo da poter studiare gli effetti isotopici sugli spettri di banda di tali molecole biatomiche come il nitrato di boro (BN) (confrontando le molecole con B 10 e B 11). Mulliken si recò all'Università di Harvard per apprendere la tecnica spettrografica da Frederick A. Saunders e la teoria quantistica da Edwin C. Kemble. Fu in questo periodo che poté incontrare personaggi come J. Robert Oppenheimer, John H. Van Vleck, Harold C. Urey ed anche John C. Slater che aveva lavorato con Niels Bohr. A partire dalla metà degli anni '20, Robert Mulliken applicò la meccanica quantistica allo sviluppo di modelli sofisticati per il movimento degli elettroni all'interno di una molecola.

---

3. United States Bureau of Mines (USBM) (in italiano: Ufficio delle Miniere degli Stati Uniti) era un'agenzia federale del Dipartimento degli Interni degli Stati Uniti d'America, fondata il 16 maggio 1910 e soppressa nel settembre 1995

I viaggi che Robert Mulliken fece in Europa nel 1925 e nel 1927 ebbero una significativa importanza sulle collaborazioni con gli spettroscopisti e i teorici quantistici come Erwin Schrödinger, Paul AM Dirac, Werner Heisenberg, Louis de Broglie, Max Born e Walther Bothe (che alla fine ricevettero premi Nobel) e Friedrich Hund. Mulliken fu particolarmente influenzato da Friedrich Hund, che aveva lavorato sull'interpretazione quantistica degli spettri di banda delle molecole biatomiche, gli stessi spettri che Mulliken aveva indagato ad Harvard. Nel 1927 Mulliken lavorò con Hund e sviluppò la sua teoria orbitaria molecolare (MO) che è stata anche chiamata **teoria di Hund-Mulliken**. Nel 1932 Mulliken ha coniato il termine "orbitale".[3]

Mulliken è stato membro del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Università di Chicago e Università di Harvard, 1921-1925; assistente di fisica nel Dipartimento di Fisica della New York University (1926-28); professore associato di fisica all'Università di Chicago dal 1928 al 1931; professore ordinario di fisica dal 1931 al 1961 e ordinario di chimica dal 1961 al 1985. Ottenne il Guggenheim Fellow<sup>4</sup> Germania ed Europa nel 1930 e successivamente nel 1932 e 1933. Dal 1942-1945 fu direttore del progetto di plutonio, Università di Chicago. Visiting Fellow presso il St. John's College di Oxford (1952-1953) e Fulbright Scholar presso l'Università di Oxford (1952-1954). Nel 1955 fu Addetto scientifico, dell'Ambasciata degli Stati Uniti a Londra.

Alla fine ebbe una posizione congiunta in entrambi i dipartimenti di fisica e chimica. Sia alla New York University che a Chicago, ha continuato a perfezionare la sua teoria orbitaria molecolare.

Nel 1917 gli Stati Uniti erano appena entrati in guerra e Mulliken prese posizione presso l'American University di Washington e il D.C., producendo gas tossici con James Bryant Conant (1893-1978)<sup>5</sup>. Successivamente fu arruolato nel servizio di guerra chimica dell'esercito continuando con lo stesso compito. Le sue tecniche di laboratorio lasciavano molto a desiderare, ed era fuori servizio per mesi con ustioni. Più tardi ha avuto un brutto caso di influenza, ed era ancora in ospedale alla fine della guerra. Ottenne la laurea ad honorem alla Columbia University nel 1939. Dal 1942 al 1945, diresse l'ufficio informazioni per il progetto Plutonio dell'Università di Chicago. In seguito, sviluppò formule matematiche per consentire il progresso della teoria molecolare-orbitaria.

4. Guggenheim Fellowship è un premio concesso ogni anno dal 1925 dalla John Simon Guggenheim Memorial Foundation a chi "ha dimostrato capacità eccezionali nella produzione culturale o eccezionali capacità creative nelle arti"

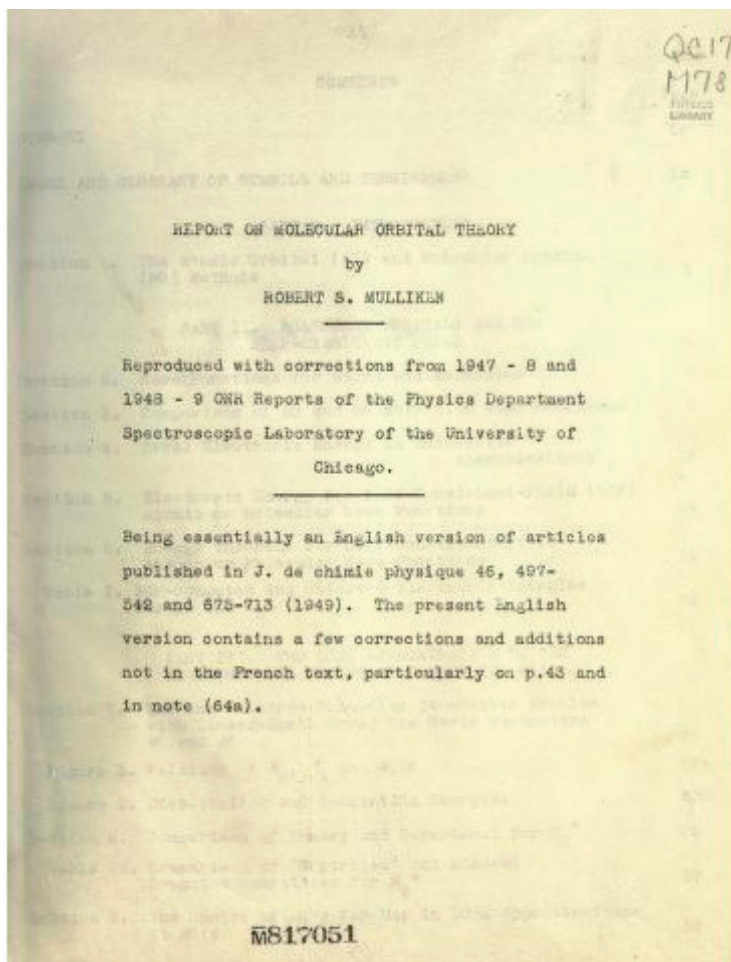
5. James Bryant Conant chimico statunitense. Nel 1935 divenne presidente dell'Università di Harvard e mantenne la cattedra fino al 1953, anche se nel 1941 fu messo a capo del gruppo di ricerca per la bomba atomica.

Nel 1952 iniziò ad applicare la meccanica quantistica all'analisi della reazione tra l'acido di Lewis e le molecole di base.

Nel 1961 divenne *Distinguished Professor of Physics and Chemistry*. Eletto membro straniero della Royal Society (Foreign Member of the Royal Society) nel 1967.

Nel 1975 venne a mancare la moglie Katherine.

Nel 1981 Mulliken fu membro fondatore del World Cultural Council. Si ritirò nel 1985 e morì a casa di sua figlia ad Arlington, in Virginia, il 31 ottobre 1986. Il suo corpo fu traslato a Chicago per la sepoltura.



**Figura 1.** Report on molecular orbital theory.1947  
<https://archive.org/stream/reportonmolecula00mullrich#page/n5/mode/2up>

ROBERT S. MULLIKEN\*

Spectroscopy, molecular orbitals,  
and chemical bonding*Nobel Lecture, December 12, 1966*

I am most deeply appreciative of the 1966 Nobel prize for chemistry awarded for "fundamental work concerning chemical bonds and the electronic structure of molecules by the molecular-orbital method". In the title of my lecture I have added the work spectroscopy, since it was a study of molecular spectroscopy which pointed the way toward molecular orbitals. I think it is appropriate also to remember that in Niels Bohr's classical 1913 papers "On The Constitution of Atoms and Molecules", best known for his theory of the hydrogen atom, and in his 1922 theory of the structure of atoms and the periodic system of the elements, atomic spectroscopy provided essential guide-posts for the path toward the theory.

Let me now ask, what is a molecular orbital? A really adequate answer is unavoidably technical. However, in an effort to make matters as clear as possible, I shall begin this lecture by reviewing a number of things which may be regarded as uninteresting old history, or else as boringly well known, at least by physical scientists. For this approach I beg your indulgence and ask your forgiveness.

Let us first go back to the quantum theory of atomic structure initiated by Bohr but shaped up in further detail by Sommerfeld. In this older quantum theory, Bohr assumed that the electrons move in orbits around the very small but relatively very heavy positive nucleus of the atom, like planets around a sun. Going back historically a step further, it is good to recall that the picture of the atom as containing a small heavy positive nucleus first emerged from Rutherford's work at Manchester, and that Bohr began the development of his theory while he was at Manchester in Rutherford's laboratory<sup>1</sup>.

As compared with the motion of planets around a sun, there were of course several important differences in the Bohr-Sommerfeld theory of atoms in

\* Distinguished Service Professor of Physics and Chemistry, University of Chicago, Chicago, Ill., and (winters) Distinguished Research Professor of Chemical Physics, Florida State University, Tallahassee, Florida (U. S. A.).

**Figura 2.** Spectroscopy, molecular orbitals, and chemical bonding. Nobel Lecture, December 12, 1966

[https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1966/mulliken-lecture.pdf](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1966/mulliken-lecture.pdf)

Mulliken ha iniziato a lavorare sulla sua teoria di struttura molecolare negli anni '20. Teoricamente ha sistematizzato gli stati elettronici delle molecole in termini di orbitali molecolari. Partendo dall'idea che gli orbitali degli elettroni per gli atomi sono statici e che gli atomi si uniscono come elementi costitutivi per formare molecole, ha proposto che, quando si formano le molecole, le configurazioni degli elettroni originali degli atomi vengano trasformate in una configurazione molecolare complessiva.

Estendendo ulteriormente la sua teoria, sviluppò (1952) una teoria quantomeccanica del comportamento degli orbitali elettronici quando diversi atomi si fondono per formare molecole.

### **Bibliografia**

[1] David L. Adams, University of Massachusetts, Amherst. Samuel P. Mulliken: Pioneer in Qualitative Organic Analysis. in *Bull. Hist. Chem.* **24** (1999);

[http://www.scs.illinois.edu/~mainzv/HIST/bulletin\\_open\\_access/num24/num24%20p16-23.pdf](http://www.scs.illinois.edu/~mainzv/HIST/bulletin_open_access/num24/num24%20p16-23.pdf)

[2] David L. Adams, "Samuel P. Mulliken — Father of Qualitative Organic Chemistry and of Nobel Prize Winner Robert S. Mulliken," *THE NUCLEUS*, **1997**, 75(5), 11-16.

[3] Cervellati R., *Scienziate che avrebbero dovuto vincere il Premio Nobel: Lise Meitner (1878-1968)*;

<https://ilblogdellasci.wordpress.com/2017/11/20/scienziate-che-avrebbero-dovuto-vincere-il-premio-nobel-lise-meitner-1878-1968/>

[4] Cervellati R., *La denominazione K, L, M per i gusci elettronici e s, p, d, f per gli orbitali*;

<https://ilblogdellasci.wordpress.com/2017/10/23/la-denominazione-k-l-m-per-i-gusci-elettronici-e-s-p-d-f-per-gli-orbitali/>



# **L'inclusione dei BES attraverso la realtà compensativa. I mediatori concreti in un caso di autismo.**

Enrico Mansueti<sup>1</sup>, Liberato Cardellini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IIS Ceccano, Frosinone; <sup>2</sup>Università Politecnica delle Marche, Ancona  
enricomansueti@virgilio.it; l.cardellini@univpm.it

## **Riassunto**

*Viene descritta l'evoluzione legislativa riguardante l'inclusione scolastica degli alunni con bisogni educativi speciali. La Costituzione stabilisce l'obbligo all'istruzione gratuita per tutti e le leggi promuovono la tutela degli studenti in qualche modo svantaggiati. L'Italia è uno dei primi paesi al mondo a stabilire nelle leggi l'inserimento degli studenti con disabilità nelle classi regolari. La scuola risulta essere il mezzo principale per l'inclusione sociale e soltanto il 2% degli studenti con bisogni educativi speciali frequenta classi speciali.*

*Le leggi prevedono l'inclusione attraverso strumenti compensativi e misure dispensative. In teoria tutto andrebbe per il meglio, ma nella pratica nel sistema scolastico esistono delle ombre. Le misure dispensative a volte vengono attuate abbassando gli standard educativi per l'intera classe e il sostegno agli allievi si riduce spesso nel tenerli occupati davanti ad un computer fuori dalla classe, invece di inserirli nel processo educativo e socializzante col resto degli studenti. Due aspetti importanti per interagire in modo costruttivo sono la motivazione e l'uso attento delle capacità cognitive. Viene presentata un'esperienza scaturita dal desiderio dell'insegnante di includere uno studente con disturbo autistico nel percorso formativo del resto della classe.*

## **Abstract**

*This article aims to describe the evolution of the laws concerning the school inclusion policy for learners with special educational needs. Free education for everyone is stated by the Italian Constitution and students with disabilities are protected by law. Italy has been one of the first countries in the world where the law provides for the inclusion of pupils with disabilities in ordinary classes. School is the main instrument for achieving social inclusion and only 2% of pupils with special educational needs attend special classes. The law provides for social inclusion by using compensatory tools and dispensatory measures. Despite this, the Italian education system presents some critical aspects.*

*The use of dispensatory measures sometimes results in lowering the learning standards in the whole class; moreover, the support to pupils with disabilities often consists in keeping them sitting in front of a computer outside their classroom, instead of enabling them to take part in the educational process together with all the other students.*

*A constructive interaction with a pupil with special educational needs is based upon two important factors: motivation and a careful use of cognitive skills. This article presents the experience of an Italian teacher whose aim is to include a student with autism in the educational process of his class.*

## **Introduzione**

Per quanto riguarda le difficoltà di apprendimento la ricerca didattica permette modalità organizzative difficilmente realizzabili nel lavoro tradizionale: forme di valutazione sostanziate sui risultati dell'apprendimento come *processo* in divenire piuttosto che sul numero-voto finale e un *allentamento dei vincoli* rispetto alla programmazione ministeriale, consentono di seguire il lavoro nelle sue dinamiche reali. Lo sviluppo procede perciò necessariamente come ricerca-azione tra gli ostacoli cognitivi e le strategie messe in campo per il loro superamento. Negli ultimi anni un'aumentata attenzione ha allargato il campo di indagine sulle cause dello scarso rendimento scolastico: accanto ai deficit cognitivi propriamente detti si considerano ora anche problematiche di altro tipo, che hanno portato nel 2012 all'introduzione dei Bisogni Educativi Speciali (BES).

Si tratta in verità di un'ampia tipologia di situazioni, che comprendono svantaggio sociale e culturale, disturbi specifici di apprendimento, problemi comportamentali, disturbi evolutivi specifici, difficoltà derivanti dalla non conoscenza della cultura e della lingua italiana nel caso di appartenenti a culture diverse. Anche se ora l'approccio didattico deve necessariamente essere più personalizzato, dinamico e attento all'evoluzione del singolo caso, nella diversità delle situazioni c'è generalmente una rinnovata attenzione per il contesto sociale di provenienza, proprio perché operiamo in una società che diventa sempre più multiculturale.

Purtroppo fino ad oggi non pochi docenti, diuturnamente attenti al rapporto programma ministeriale da svolgere/tempo hanno tentato di aggirare gli ostacoli cognitivi spalmando atarassicamente la didattica sul computer (o addirittura sullo smartphone, come suggerito da certi POF), con una duplice giustificazione: dapprima hanno trovato conforto nelle indicazioni dei documenti ufficiali (si vedano le tabelle delle misure dispensative e degli strumenti compensativi ricavate dalla legge n. 170 del 20/10/2010 e dalle linee guida del 12/07/2011), poi sulla composizione variegata della classe, che con alunni provenienti da paesi e contesti socio-



culturali diversi ha suggerito l'idea che computer e software per l'apprendimento fossero strumenti di democrazia didattica.

Rispetto alle difficoltà di apprendimento l'utilizzo massivo delle tecnologie può invece paradossalmente tradursi in una sorta di disimpegno educativo doppiamente pericoloso. Se l'uso di strumenti tecnologici nel passato poteva talvolta esporre a una medicalizzazione della didattica, ora i supporti multimediali e le fonti informative della rete (con le sue piattaforme comunicative), da stimolo intellettuale possono trasformarsi in sorgenti di conoscenza di dubbia attendibilità, o addirittura in rifugio e ostacolo rispetto a forme di interazione sociali più sane ed efficaci.

La virtualità degli esperimenti suggeriti dal libro-Dvd, piuttosto che accorciare la distanza dalla conoscenza scientifica, spesso notevole rispetto al libro e alla lezione alla lavagna, aumenta invece quella dalla vita reale. Non è pleonastico interrogarsi su quanti, fra questi alunni, abbiano a casa i necessari strumenti informatici per implementare il lavoro iniziato in classe (magari proponendo nuove attività), quando un numero sempre maggiore (e soprattutto fra quelli con svantaggio socioculturale) ricorre al comodato d'uso offerto dalla scuola per i testi e le divise dei laboratori professionali. In virtù di queste considerazioni quali potrebbero essere invece i vantaggi delle strategie che usano la realtà come mediatore didattico?

Il docente alla ricerca di modelli di lavoro efficaci non può prescindere da una ampia mobilitazione di risorse, che vada dall'esperienza laboratoriale alle radici epistemologiche della disciplina, ma il punto centrale è che lo studente ha una mappa cognitiva strutturata sulla base dei sottoinsiemi del suo contesto di appartenenza: famiglia, coetanei, luoghi, storia personale, interessi e attitudini. Proporre esperienze didattiche riconoscibili e riproducibili in maniera autonoma (per esempio incoraggiando la sperimentazione a casa con la didattica capovolta) è utile perciò per suggerire allo studente un senso, un'utilità e un possibile proseguimento–approfondimento all'apprendimento scolastico.

Con le presenti generazioni di studenti è opportuno concentrarsi sui vantaggi di quegli approcci didattici che rendono riconoscibile il compito proposto, tale da renderlo utile agli occhi del proprio vissuto personale. Come giustificare ancora le interpretazioni normative di alcuni USR (Ufficio Scolastico Regionale) e USP (Ufficio Scolastico Provinciale) che per le difficoltà di apprendimento delle discipline scientifiche suggeriscono la produzione di sintesi, schemi e mappe a cura del docente come strumenti compensativi per PEI (Piano Educativo Individualizzato) e PDP (Piano Didattico Personalizzato)?

È capzioso immaginare interventi didattici basati sulla realtà nei casi di autismo, che per loro natura sono caratterizzati dalla tendenza all'isolamento

e alla chiusura sociale, dall'apparente indifferenza emotiva agli stimoli e addirittura dalla difficoltà ad instaurare un contatto visivo? Oppure la compromissione e l'atipicità del linguaggio e della comunicazione (verbale e non-verbale: si stima che circa il 25% dei soggetti autistici non sia in grado di comunicare verbalmente), insieme alla reattività abnorme ai cambiamenti dell'ambiente esterno e della routine quotidiana, suggeriscono proprio l'uso di mediatori concreti?

### **Il contesto internazionale**

Nel 1978 il rapporto Warnock in Gran Bretagna introduce l'acronimo SEN, (Special Educational Needs, in italiano BES), suggerendo la necessità di integrare gli alunni tradizionalmente ritenuti diversi attraverso un approccio inclusivo che si basi sull'individuazione di obiettivi educativi comuni a tutti gli alunni, indipendentemente dalle loro abilità o disabilità. Nel 2001 con lo Special educational disability act viene affermata la necessità di prevenire ogni forma di discriminazione riguardo all'ammissione a scuola di alunni con bisogni educativi speciali, promuovendo la loro piena partecipazione alla vita scolastica con il coinvolgimento delle famiglie. (Warnock, 1978)

Purtroppo però il termine SEN è stato poi utilizzato, anche nel contesto internazionale, avendo come riferimento il concetto di normalità paragonato al paradigma biomedico di salute e malattia. Pur considerando per la prima volta problematiche di tipo socio-economico a rischio di emarginazione sociale, viene implicitamente delegato agli operatori socio-sanitari la riabilitazione del deficit e la riduzione della distanza dalla normalità.

L'approccio pedagogico è stato quindi subordinato a quello medico; piuttosto che educare alla capacità di convivere con le proprie diversità ha posto questi studenti in una condizione di frustrazione legata al mancato raggiungimento degli obiettivi e dei compiti richiesti, rispetto al resto della classe. Nel 2001 il modello ICF (International Classification of Functioning) messo a punto dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) riformula però i concetti di salute e disabilità partendo dall'idea di salute non più intesa come assenza di malattia ma come benessere bio-psico-sociale (Ianes, Cramerotti, 2011).

In Europa l'area dei Bisogni Educativi Speciali è oggi conosciuta come Special Educational Needs e comprende tre sotto categorie: disabilità, disturbi evolutivi specifici e svantaggio socio-economico, linguistico, culturale. Tra i disturbi evolutivi specifici rientrano: DSA (Disturbi Specifici di Apprendimento), deficit del linguaggio, deficit delle abilità non verbali, deficit della coordinazione motoria, deficit dell'attenzione e iperattività.

### **Legislazione e situazione in Italia**

L'articolo 34 della Costituzione Italiana stabilisce che *“la scuola è aperta a tutti. L'istruzione inferiore, impartita per almeno otto anni, è obbligatoria e gratuita. I capaci e meritevoli, anche se privi di mezzi, hanno diritto di raggiungere i gradi più alti degli studi. La Repubblica rende effettivo questo diritto con borse di studio, assegni alle famiglie ed altre provvidenze, che devono essere attribuite per concorso”*.

La legge 1859 del 31 dicembre 1962 (Istituzione e ordinamento della scuola media statale) stabiliva che: *“Possono essere istituite classi differenziali per alunni disadattati scolastici. Con apposite norme regolamentari, saranno disciplinate anche la scelta degli alunni da assegnare a tali classi, le forme adeguate di assistenza, l'istituzione di corsi di aggiornamento per gli insegnanti relativi, ed ogni altra iniziativa utile al funzionamento delle classi stesse. Della Commissione, che dovrà procedere al giudizio per il passaggio degli alunni a tali classi, faranno parte due medici, di cui almeno uno competente in neuropsichiatria, in psicologia o materie affini, e un esperto in pedagogia. Le classi differenziali non possono avere più di 15 alunni. Con decreto del Ministro per la pubblica istruzione, sentito il Consiglio superiore, sono stabiliti per le classi differenziali, che possono avere un calendario speciale, appositi programmi e orari d'insegnamento”* (articolo 12).

La stessa legge all'articolo 11 istituisce le *classi di aggiornamento*: *“Nella scuola media è data facoltà di istituire classi di aggiornamento che si affiancano alla prima e alla terza. Alla prima classe di aggiornamento possono accedere gli alunni bisognosi di particolari cure per frequentare con profitto la prima classe di scuola media. Alla terza classe di aggiornamento possono accedere gli alunni che non abbiano conseguito la licenza di scuola media perché respinti. Le classi di aggiornamento non possono avere più di 15 alunni ciascuna; ad esse vengono destinati insegnanti particolarmente qualificati”*

Nel 1971 con la Legge n. 118 vengono assicurati una serie di servizi per la scuola dell'obbligo ai mutilati ed invalidi civili che non siano autosufficienti (trasporto, eliminazione barriere architettoniche, assistenza agli invalidi più gravi); viene dedicata un'apparente attenzione alle scuole medie superiori e universitarie ma l'intento è quello di facilitare la frequenza ma non garantirla (articolo 28: *provvedimenti per la frequenza scolastica*). L'intervento della Corte Costituzionale (Sentenza n. 215/1987) tenta di colmare il ritardo, anche se fanno riflettere alcuni dati relativi ad un apparente calo della percentuale di alunni disabili nel passaggio dalla scuola media inferiore a quella superiore. L'abbandono è probabilmente dovuto anche al fatto che le famiglie non trovano risposte e supporto adeguati.

A partire dal 1977 (legge 517) gli allievi con disabilità sono stati progressivamente inseriti nelle classi frequentate dal resto degli studenti (Vianello, Lanfranchi, 2015), con le prime iniziative di integrazione e di sostegno specialistiche (con il limite di sei ore e la volontarietà da parte dell'insegnante-in possesso di un titolo specialistico-che ne faccia richiesta).

La Legge N. 104 sulla disabilità (Legge quadro per l'assistenza, l'integrazione sociale e i diritti delle persone handicappate), arrivata nel 1992, è stata uno strumento fondamentale, non solo per le indicazioni relative alla definizione e all'individuazione del soggetto come persona handicappata, ma anche per i suggerimenti rivolti specificamente all'integrazione scolastica. Davanti a un quadro statistico che ha visto crescere negli anni il numero di alunni certificati con disabilità scolastica, per esempio si è passati dal 1,7% dell'A.S. 2000-2001 al 2,5 % dell'A.S. 2010-2011 (Fondazione Giovanni Agnelli, 2011), era però necessaria una riflessione: la legge 104/92 non riusciva infatti a illuminare tutta una serie di problematiche che, seppur presenti, uscivano dai parametri riconosciuti proprio perché non invalidanti, cioè caratterizzate da un funzionamento cognitivo limite nella norma.

La legge quadro 170/2010 (Nuove norme in materia di disturbi specifici di apprendimento in ambito scolastico-DSA) insieme con il decreto del 20 luglio 2011, che ha dato attuazione alle sue disposizioni, stabilisce alcuni punti chiave per quanto riguarda la gestione della inclusione scolastica per gli studenti con difficoltà di apprendimento. Per la prima volta viene posta l'attenzione sui DSA: dislessia, disgrafia, disortografia e discalculia. (Magni, 2015)

Si propongono strategie alternative di supporto, che non contemplano l'intervento di docenti specializzati ma misure quali la dispensa dalla lettura ad alta voce, e strumenti compensativi come il computer. Pur riconoscendo l'esistenza di diversi stili di apprendimento, è evidente l'intento di riconoscere e colmare (ancora) le differenze rispetto a un modello di studente ideale, sollevando il soggetto da prestazioni rese difficoltose dal disturbo. Sono ancora due gli approcci consigliati: la *didattica individualizzata* basata su una filosofia del recupero, da realizzarsi nelle fasi di lavoro individuale in classe, e l'intervento *personalizzato* che deve calibrare l'offerta didattica considerando le differenze individuali, attraverso una varietà di metodologie e strategie non meglio specificate (al contrario dei mediatori: schemi e mappe concettuali), ma comunque nel rispetto degli obiettivi generali e specifici di apprendimento.

I ragazzi in difficoltà sono apparentemente tutelati e riconosciuti ma nella maggioranza dei casi in assenza di certificazione di gravità (Legge n. 104/1992: articolo 3 comma 3) non hanno più l'insegnante di sostegno (a

meno che nella classe non vi sia già uno studente disabile), bensì le già menzionate misure alternative di supporto.

Il 27 dicembre 2012 è stata emanata dal MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) la direttiva "Strumenti d'intervento per gli alunni con Bisogni Educativi Speciali e organizzazione territoriale per l'inclusione scolastica". Essa abbraccia un panorama di casi molto più ampio: l'alunno con disabilità infatti non viene più identificato esclusivamente con la certificazione, ma si può fare riferimento all'ICF per individuare i Bisogni Educativi Speciali degli alunni.

La direttiva del 2012 e i successivi chiarimenti (la circolare ministeriale del 2013) hanno compreso nel gruppo dei BES: disabilità, disturbi evolutivi specifici comprendenti i DSA della legge 170/2010, i disturbi specifici del linguaggio allargati ai disturbi della comprensione, i disturbi specifici delle aree non verbali, disturbi dello spettro autistico lieve, ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Disturbo da deficit di attenzione/iperattività) e l'area dello svantaggio socio-economico, linguistico e culturale. (Direttiva Ministeriale 27/12/2012 e Circolare Ministeriale n. 8 del 6 marzo 2013)

Il passo avanti è legato sia al criterio temporale (l'alunno può manifestare bisogni educativi speciali con continuità o per determinati periodi) che alla specificazione dei motivi: fisici, biologici, fisiologici, psicologici, sociali. Con i BES si stabilisce anche la necessità che le scuole offrano adeguata e personalizzata risposta, con l'obiettivo di potenziare la cultura dell'inclusione. Bisogna perciò elaborare un percorso individualizzato e personalizzato per alunni e studenti con BES anche attraverso la redazione di un Piano didattico personalizzato, che serva come strumento di lavoro in itinere per gli insegnanti e come documentazione per le famiglie relativamente alle strategie di intervento programmate. Le scuole possono quindi avvalersi per tutti gli alunni con BES degli strumenti compensativi e delle misure dispensative già previste dalla legge 170/2010: si allarga enormemente la platea degli utenti mantenendo sostanzialmente invariate le indicazioni metodologico-strategiche.

Nel 2012 c'è quindi un apparente cambio di prospettiva; dal paradigma medico a quello pedagogico-sociale. Il consiglio di classe viene investito di nuovi compiti e responsabilità, senza però una formazione specifica che non sia quella autonoma suggerita da sensibilità personale e deontologia professionale; spetta ai docenti l'individuazione e la comunicazione alla famiglia attraverso una sorta di certificazione scolastica. Viene riproposto lo stesso Piano didattico personalizzato con gli strumenti compensativi e le misure dispensative introdotte nel 2010 per i DSA che poi le singole scuole alle volte propongono per tutti i tipi di bisogni.

La Legge n. 107/2015 (Buona scuola) introduce notevoli novità; si stravolgono ancora compiti e responsabilità, stavolta con un unico articolo. La sostanza si può cogliere nel passaggio seguente: “*La quantificazione del fabbisogno assistenziale è effettuata esclusivamente sulla base della **valutazione diagnostico-funzionale**, che è distinta dall'accertamento della condizione di disabilità*”. La domanda dovrà essere presentata all'Inps dove un'unica commissione dovrà verificare prima il disagio e poi effettuare la valutazione funzionale, definendo contestualmente anche gli aiuti sanitari e i sussidi sociali ed economici di cui il minore ha bisogno. In quest'ottica, si vuole uscire dalla frammentazione dell'attuale sistema di valutazione previsto dalla legge 104/1992, sostituendo la Diagnosi funzionale e il Profilo dinamico funzionale con la **valutazione diagnostico-funzionale**.

Probabilmente neanche una disabilità grave darà più diritto al massimo delle ore di sostegno. Infatti è palese il tentativo di porre rimedio agli innumerevoli ricorsi in tema di diritti e ore di sostegno che vedono il MIUR soccombere davanti alle richieste delle famiglie. Si stabilisce l'istituzione di gruppi per l'inclusione territoriale (GIT), e l'ultima parola spetterà quindi a commissioni esterne di ambito locale composte da un tecnico, tre presidi e due docenti (nominati dall'ufficio scolastico provinciale). Vengono aboliti i gruppi di lavoro sull'handicap istituiti presso le singole scuole; i singoli istituti dovranno inviare il piano di inclusione contenuto nel Piano dell'offerta formativa triennale, che insieme alla valutazione diagnostico-funzionale e al Progetto individuale serviranno al GIT per stabilire e definire le risorse per lo studente diversamente abile.

A ben vedere non servivano stravolgimenti. Probabilmente era sufficiente che il procedimento di identificazione dei BES da parte del team di docenti (opportunosamente formati!) rispettasse precise condizioni quali la documentazione comprovante casi gravi, la determinazione di tempi limitati per l'assegnazione di strumenti compensativi e misure dispensative e non ultima l'unanimità della delibera collegiale di approvazione. Era auspicabile che già dal 1992 i Centri territoriali di supporto per l'inclusione (Le Scuole polo previste dalla L. 104) fossero scelti in base ad una comprovata attività di sperimentazione di buone pratiche, meglio se in collaborazione con Università e Centri di ricerca. Ancora oggi manca uno sguardo per l'eccellenza: non è chiaro che attenzione per la diversità significa anche strumenti e risorse per gli alunni dotati, i cosiddetti studenti “gifted”.

La prima legge dedicata all'autismo (Legge n. 134 del 18 agosto 2015: *Disposizioni in materia di diagnosi, cura e abilitazione delle persone con disturbi dello spettro autistico e di assistenza alle famiglie*) aveva alimentato speranze rivelatesi poi eccessive: essa impegna il Servizio sanitario che, integrandosi con la scuola e i servizi sociali, potrà fornire risposte appropriate e scientificamente validate grazie all'inserimento nei livelli



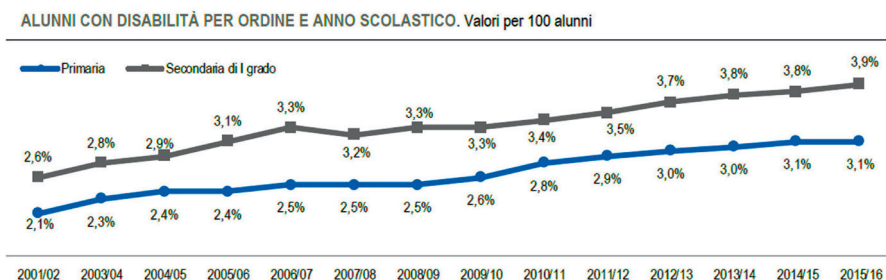
essenziali di assistenza dei trattamenti previsti. Peccato che poi i nuovi LEA (GU n.65 del 18-3-2017: Livelli essenziali di assistenza) abbiano rimandato l'esigibilità di questi diritti a successive intese Stato-Regioni, non prevedendo la presenza dei rappresentanti delle associazioni all'interno della Commissione di aggiornamento e limitando comunque gli impegni fino a che il soggetto autistico non arrivi al compimento della maggiore età.

### L'inclusione scolastica in Italia: luci e ombre

In Italia il 98% degli studenti con difficoltà di apprendimento frequenta le classi regolari. (Giangreco, Doyle, Suter, 2012, p. 115) La scuola rappresenta la principale rete per l'inclusione sociale di questi soggetti e un supporto indispensabile per le famiglie, soprattutto in contesti di deprivazione culturale. Risulta che per 203.000 studenti con disabilità, nella scuola ci sono 101.000 insegnanti di sostegno e circa 25.000 educatori e assistenti. (Ianes, Cramerotti, 2016, p. 16)

Sebbene siano numeri importanti, non bastano da soli a certificare la qualità della scuola. Consideriamo ciò che avviene in altri paesi. Il nostro 2% di studenti che frequentano le scuole speciali è da confrontare col 90% della Germania. In Finlandia questa percentuale è superiore al 30%, mentre in Corea del Sud è superiore al 40%. In Corea meno del 10% di studenti con disabilità frequenta le classi regolari, mentre il rimanente 50% circa frequenta classi speciali; all'incirca la stessa situazione del Giappone. Sono volutamente stati citati paesi con studenti che nei test internazionali di profitto raggiungono gradi di successo molto superiori ai nostri. (Hanushek, Woessmann, 2015, p. 37)

Negli anni si è avuto un aumento degli alunni con disabilità: in Figura 1 è riportato l'andamento nella scuola primaria e nella scuola secondaria di I grado negli anni dal 2001 al 2016; un incremento analogo si ha per la scuola secondaria di II grado, con percentuali minori rispetto alla scuola primaria.



**Figura 1.** Alunni con disabilità per ordine e anno scolastico. Valori per 100 alunni. Fonte MIUR.

Nell'anno scolastico 2012-2013 gli studenti con disabilità sono così ripartiti: l'1,3% frequenta la scuola dell'infanzia (21.283 bambini su 1.686.095); il 3,0% frequenta la scuola elementare (83.892 studenti su 2.825.400); il 3,7% frequenta la scuola secondaria di I grado (65.084 studenti su 1.779.758), mentre il 2,0% frequenta la scuola superiore (52.658 studenti su 2.652.448) (Vianello, Lanfranchi, Pulina, 2013, p. 223) Se confrontiamo i dati della scuola primaria e secondaria di I grado si nota che nel 2012-13 la differenza relativa è del 23,3%, mentre nel 2015-16 aumenta del 25,8%.

Le richieste scolastiche come impegno cognitivo aumentano e una parte degli studenti viene certificata con disabilità con il passare degli anni. La diminuzione nella scuola superiore è certamente dovuta all'abbandono degli studi di una parte degli studenti con disabilità. Le percentuali relative ai tipi di disabilità sono le seguenti:

- 1,7% problemi legati alla vista;
- 2,9% disturbi uditivi;
- 66,7% disabilità intellettuali;
- 4,1% disabilità motorie;
- 24,6% altri tipi di disabilità.

Queste percentuali si riferiscono all'anno scolastico 2012-2013. (Vianello, Lanfranchi, Pulina, 2013, p. 223) Il supporto offerto è variabile: alcuni dati statistici rispetto ai disturbi autistici. "In Italy, almost all children with autistic disorders are included in regular schools (93.4%), receiving an average of 19.9 hours/week of support by specialized teachers, homogeneous in all the regions. The support from external services is 5.3 hours/week (educators from Townhall services), 2.0 (assistant for communication), 0.9 (other operators)". (Di Nuovo, 2012, p. 77).

Di recente è stato pubblicato dal Censis (Censis, 2017) il 51° *Rapporto nazionale sulla situazione sociale del Paese/2017*. Nel capitolo «Processi formativi», in accordo con la nostra analisi, viene evidenziata la crescita costante degli alunni con disabilità. Secondo il "Centro Studi Investimenti Sociali", l'analisi "diacronica della presenza di alunni con disabilità nella scuola statale ne evidenzia una progressiva emersione. Infatti, nel decennio 2007-2017 per quanto riguarda la scuola dell'infanzia e del I ciclo (primaria e secondaria di I grado) gli alunni con disabilità riportano una variazione pari a +26,8% e per l'a.s. 2017-2018 sono pari, in termini assoluti, a 168.708 individui, con una incidenza pari a 3,3 ogni 100 alunni, concentrati per il 38,3% nel Sud, il 26,1% al Nord-Ovest, al Centro il 20,2% e al Nord-Est il 15,5%".

Alle superiori l'aumento di alunni con "certificazione" di disabilità è stato ancora più sensibile: "Nella scuola secondaria di II grado l'incremento nello



stesso decennio è stato di gran lunga superiore, attestandosi a quota +59,4% e arrivando a contare nell'a.s. 2017-2018 65.950 individui, con una incidenza media nazionale pari 2,5 ogni 100 alunni. Anche per il secondo ciclo di istruzione è nel Sud che si rileva la maggiore concentrazione (42,2%), seguito dalle regioni del Centro (21,5%), del Nord-Ovest (20,8%) e del Nord-Est (15,5%)". Parallelamente, abbiamo assistito ad un aumento esponenziale anche di "alunni con disturbi specifici dell'apprendimento (Dsa), che nell'a.s. 2014-2015 nel ciclo dell'istruzione secondaria di II grado ammontavano a quasi 68.000 individui, cresciuti nella misura del 180,9% rispetto all'a.s. 2011-2012".

Nell'anno 2011 alcuni colleghi statunitensi per due mesi hanno studiato l'inclusione di studenti con disabilità e BES in 16 scuole in Italia localizzate in cinque regioni. Analizzando i dati raccolti riportano che "in some cases small groups of students, all with certified disabilities, were taught together for varying periods of time in separate rooms at school where no nondisabled peers were present or away from school (e.g., community recreation center). In other cases individual students were taught in a one-to-one format by either an "insegnante di sostegno" or assistant for varying periods of time in a separate room." (Giangreco, Doyle, Suter, 2012, p. 115) Un commento che evidenzia un problema del nostro sistema scolastico.

Questo è un aspetto critico dell'inclusione ed è noto come meccanismo di push e pull out. (Ianes, Demo, 2015) Un'indagine sul tempo scuola che gli alunni passano fuori della classe, che ha coinvolto 3230 figure professionali che lavorano nella scuola, soprattutto insegnanti, rileva che "questo rappresenta il vissuto del 54,9% dei casi di alunni con disabilità, descritti dagli insegnanti. Di questi, il 30% sta fuori dalla classe per un tempo compreso fra il 10% e il 30% dell'intero tempo scuola. Il 7,7% sta fuori per un tempo superiore al 50%." Fra tutti gli ordini di scuola, nel 5,7% dei casi "gli alunni con disabilità trascorrono l'intero tempo scuola fuori dalla propria classe." (Ianes, Demo, 2015, p. 104) Un'altra indagine condotta nella Provincia di Trento ha coinvolto 46 alunni BES e 424 loro compagni di classe, "mostra come solo il 10,9% di essi dichiarano che l'alunno con BES era sempre in classe, mentre gli insegnanti riferiscono un valore almeno doppio." (Ianes, Demo, 2015, p. 105) Lo spazio impedisce di approfondire qui questo aspetto.

### **Motivazione e interesse**

La scuola è pensata e organizzata rispetto allo studente medio e la valutazione delle competenze viene fatta pensando ad una gaussiana. "The assumption of the bell-curve distribution allows for such concepts as *acceptable rate of failure* and the *Average Student*. This means that it has

been made reasonable to assume that in any educational task, a few people will excel, most will be satisfactory or average, and a few will fail.” (Fendler, Muzaffar, 2008, pp. 63-64) Le due code della distribuzione normale rappresentano da una parte gli studenti con un ritardo mentale e dall'altra gli studenti “gifted”.

Questa organizzazione scolastica viene criticata perché “Individual differences in level and pace of learning are important and create major problems for an educational system that has been designed for the average student. Because this is true, recommendations based on children’s age always need to be tempered by the knowledge that one size does not fit all.” (Robinson, Zigler, Gallagher, 2000, p. 1421)

Gli studenti non sono tutti uguali e quelli con difficoltà di apprendimento sperimentano maggiori difficoltà in molte attività mentali. Considerando le abilità cognitive viene riconosciuto che “If cognitive differences are approached from a developmental point of view, we can observe that a retarded child progresses through the same stages of cognitive development as a peer who is not retarded, but at a slower rate. The performance of a child with mental retardation will thus resemble that of a younger, nonretarded child who is at the same developmental level more than that of a nonretarded age-mate whose cognitive system has matured at a faster rate.” (Zigler, 2001, p. 7)

Gli studenti con difficoltà di apprendimento fanno grande fatica nell'apprendere e nel trasferire delle abilità acquisite tra procedure diverse. “Many of the experimental studies using the instructional approach have gone on to look at transfer performance as well as immediate response to instruction. The major finding is that retarded children tend to abandon the trained routines when instruction is withdrawn. If transfer is to be obtained, additional specific instruction is necessary. The consistency of this finding has been quite dramatic in the retardation literature, and many have concluded that transfer represents a particular problem for the retarded” (Campioni, Brown, 1984, p. 274)

Il fallimento produce ansia (McKeachie, 1984), convinzioni motivazionali e cognitive che includono una bassa autoefficacia e avvilitamento. Gli studenti con difficoltà di apprendimento dovrebbero al contrario essere incoraggiati a rinforzarsi nei loro punti di forza, anche se non appartenenti al programma. Il successo “promotes children’s self-acceptance, encourages their intrinsic motivation, and builds their sense of competence and self-esteem.” (Deci, Chandler, 1986, p. 593)

Molti fattori influenzano l'interesse e la motivazione nell'apprendimento (Keller, 1987) tra i quali si possono includere: i genitori (Katz, Kaplan, Buzukashvily, 2011), l'ambiente scolastico e gli insegnanti (Furrer, Skinner,

Pitzer, 2014) e la rilevanza dell'argomento. La rilevanza ha molte dimensioni (Stuckey, Hofstein, Malmok-Naaman, Eilks, 2013) ed è stata definita come *“the possibility of an object/activity being considered as important to specific persons for a specific reason and the evaluation of intrinsic relevance is carried out through their cognitive processes.”* (Kotkas, Holbrook, Rannikmäe, 2016, p. 197)

Il ruolo dell'insegnante è fondamentale. In uno studio su due gruppi di insegnanti che dovevano insegnare agli studenti come risolvere problemi, ad un gruppo è stato detto che era loro responsabilità assicurarsi che gli studenti raggiungessero standard elevati. Rispetto all'altro gruppo, è risultato che questi insegnanti sotto pressione e controllati *“became much more controlling. They talked three times as much as the other teachers, and their utterances included far more controlling words or phrases such as “should,” “must,” “have to,” and so on. They also used many more directives.”* (Deci, Chandler, 1986, p. 592) Gli studenti erano molto meno favorevolmente disposti verso questi insegnanti a cui era stato richiesto di raggiungere elevati standard.

Altri studi hanno evidenziato che *“events which are experienced as controlling (i.e., as pressure to perform in specific ways) undermined intrinsic motivation, whereas those that are experienced as autonomy supportive (i.e., as encouragement for self-initiation and choice) maintained or enhanced intrinsic motivation. With some limiting conditions, these experiments indicated that not only tangible rewards but also threats of punishment, evaluations, deadlines, imposed goals, and good player awards all tended to undermine intrinsic motivation because they were experienced as controlling. In contrast, providing people with a choice and acknowledging their feelings tended to be experienced as autonomy supportive and thus enhanced intrinsic motivation.”* (Deci, 2004, pp. 10-11).

L'approccio istruttivo efficace suggerisce di utilizzare esperienze pratiche con agganci alla vita reale. *“children with disabilities are quite likely to be included as active participants in the same learning activities that typically developing preschoolers experience. ... activities can be designed for children to experience “hands-on” learning, and there are also many opportunities to support the development of children’s vocabulary and language skills. ... An integrated cross-disciplinary approach to STEM instruction in which teachers use intentional, inquiry-based explorations to ask questions, plan investigations, and reflect on findings seems ideal for all young children as it emphasizes real-world, hands-on experiences that enhance learning and increase children’s motivation to continue to learn.”* (Butera, Horn, Palmer, Friesen, Lieber, 2016, p. 145).

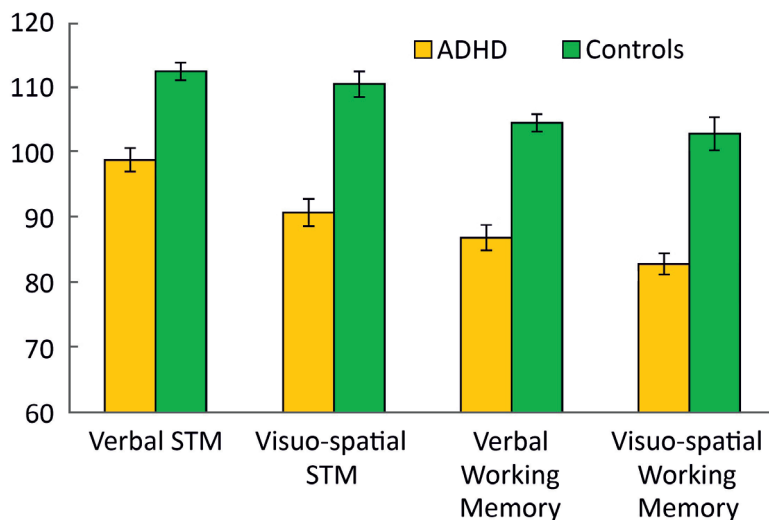
### **Working memory e difficoltà di apprendimento**

La memoria di lavoro (WM, working memory) gioca un ruolo centrale in tutte le forme di abilità cognitive di ordine superiore, come la comprensione del linguaggio, il ragionamento e il problem solving. Molti studi evidenziano che la limitazione della memoria di lavoro costituisce un ostacolo severo alla nostra capacità di comprendere la chimica e di risolvere i problemi. Secondo Norman Reid: “Science education research has battled for many decades in seeking solutions to the problems of learner difficulty which seem inherent in much of physics and chemistry as well as some areas of biology ... [There is] abundant evidence that one key factor causing the learner difficulties lies in the limitations of working memory capacity.” (Reid, 2009, p. 245) “working memory is crucially required to store information while other material is being mentally manipulated during the classroom learning activities that form the foundations for the acquisition of complex skills and knowledge. A child with a poor working memory capacity will struggle and often fail in such activities, disrupting and delaying learning.” (Alloway, 2006, p. 134).

La capacità della parte esecutiva centrale (M) può essere in qualche modo misurata dal numero di “schemi” ovvero di procedure che possono essere attivate nella propria mente da chi risolve il problema. “M is the maximum number of schemes or discrete ‘chunks’ of information that M can attend to or integrate in a single act” (Pascual-Leone, 1970, p. 301). Ogni problema può essere definito in base alla sua complessità (Z-demand). Z è il numero massimo di step del ragionamento e di processi che devono essere attivati da chi risolve il problema. “By demand we mean the maximum number of thought steps and processes which had to be activated by the least able, but ultimately successful candidate in the light of what had been taught.” (Johnstone, El-Banna, 1989, p. 160)

Il deficit nella memoria di lavoro è una caratteristica comune di una vasta gamma di disturbi dello sviluppo e difficoltà di apprendimento specifiche come dislessia, ADHD, la compromissione della comunicazione verbale e non verbale, difficoltà con la comprensione e difficoltà matematiche. (Jarrold et al., 2004; Bellini et al., 2007; Gathercole et al., 2008; Kofler et al., 2010; Geary et al., 2012; Holmes, 2012; Beilock, Maloney, 2015). Uno studio condotto su 55 bambini di età compresa tra 56 e 192 mesi ha trovato che “a child’s learning disability had huge implications on STM (Short-Term Memory) and WM (Working Memory) performance which resulted in significant difficulties with the development of linguistic and academic skills. All the groups of children with learning disabilities showed impairment on all the tasks irrespective of their IQ level and chronological age.” (Saeed, Tahir, 2016, p. 6) In Figura 2 sono riportati i valori della Short-

term memory e della working memory di bambini con ADHD rispetto a un gruppo di controllo di pari età.

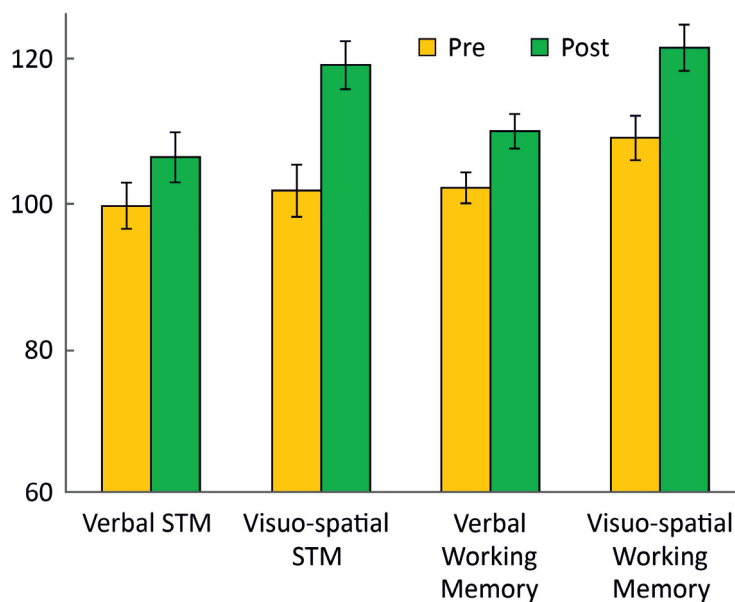


**Figura 2.** Punteggi medi della memoria a breve termine (STM) e della WM di bambini con ADHD rispetto a un gruppo di controllo di pari età (Adattato da Holmes, 2012, p. 7)

Una memoria di lavoro capace di elaborare pochi “chunk” è un fattore di rischio rispetto alla possibilità di avere successo nell’apprendimento e nelle attività cognitive. Consideriamo ad esempio la soluzione di un problema, un’attività comune nella scuola. Il testo del problema deve essere letto e compreso. Il processo di leggere delle frasi, trattenere il significato nella mente, integrare le informazioni nella LTM (Long-Term Memory) per comprendere il significato e fare una rappresentazione mentale del problema, si basa sull’abilità di elaborare simultaneamente queste informazioni e trattenerle nella memoria di lavoro. Alcuni segni evidenziano delle difficoltà nella WM: “poor academic progress, difficulties following multi-step instructions, failing to complete common classroom activities that require large amounts of information to be held in mind, problems keeping their place in demanding and complex activities such as writing, and high levels of inattentive and distractible behaviour.” (Holmes, 2012, p. 8)

Se si considera che molte attività nella classe richiedono un forte impegno della memoria di lavoro, non deve sorprendere che la caratteristica degli studenti con deficit nella working memory sia uno scarso livello di istruzione. Studenti con menomazioni nella WM spesso falliscono a raggiungere i risultati attesi perché il carico cognitivo delle attività scolasti-

che eccede la capacità della loro mente. Come già riportato, ci sono abbondanti evidenze che uno dei fattori che causano la difficoltà nell'apprendimento negli studenti sono le limitazioni della capacità della WM. (Reid, 2009, p. 245) L'intelligenza non è una caratteristica fissa dell'individuo, ma può essere coltivata e migliorata con l'apprendimento. (Dweck, 2000) Sono noti tentativi per alterare la capacità della memoria di lavoro attraverso un intenso allenamento su compiti che adattano le difficoltà in risposta alle prestazioni degli utenti. La Figura 3 mostra i punteggi medi pre e post-addestramento per ciascuno dei quattro aspetti della memoria di lavoro.



**Figura 3.** punteggi medi pre e post-addestramento per ciascuno dei quattro aspetti della memoria di lavoro.

(Adattato da Holmes, Gathercole, 2014, p.444)

La Figura 3 mostra dei significativi guadagni in tutti e quattro i componenti della memoria di lavoro. Ci sono sostanziali evidenze che questi programmi apportano benefici e migliorano i problemi connessi con la memoria di lavoro. Ma la misura in cui questi interventi positivi per la WM migliorano anche altre competenze e abilità è un argomento dibattuto (Shipstead, Redick, Engle, 2010; Shipstead, Redick, Engle, 2012; Melby-Lervåg, Hulme, 2013).

Limitazioni nella disponibilità della capacità della mente di elaborare possono restringere la gamma delle abilità che una persona può sviluppare.

Parte di queste limitazioni possono essere però superate. “Performance insufficiency may be overcome in several ways. If mental maturity or mental power were to increase, the strategy might move within the bounds of available capacity. ... if the automaticity of the required mental operations could be increased through specific practice, or if task control could be simplified by appropriate segmentation or reorganization of the strategy’s execution, the same result might be achieved with a relatively short-term intervention.” (Carr, 1984, p. 208).

L’inclusione per essere autentica richiede l’adattamento dei programmi scolastici e degli interventi educativi ai tempi di apprendimento dei singoli studenti. (Gathercole, Alloway, 2008) “Inclusion of students with disabilities requires the provision of curriculum and classroom adaptations. But inclusion does not require that the student with special needs perform at a level comparable to peers without disabilities. If teachers collaborate to employ such options through carefully planned instruction, they can include students with severe disabilities in general education settings in meaningful ways for all students.” (Lampton, Carpenter-Ware, Harvey, 2012, p. 74).

### **Insegnare scienze a studenti con disabilità**

Esiste una definizione accettata della formazione speciale: “Special needs education is defined as ‘educational intervention and support designed to address special educational needs’, wherever that intervention takes place.” (Florian, 2007, p. 8) Per poter apprendere e crescere nelle interazioni sociali gli studenti hanno bisogno di essere inclusi nell’ambiente della classe. Il criterio di inclusione è molto ambizioso perché “inclusive pedagogy focuses on how to extend what is ordinarily available in the community of the classroom as a way of reducing the need to mark some learners as different.” (Florian, Black-Hawkins, 2011, p. 826).

L’inclusione richiede la collaborazione tra tutte le figure che interagiscono con lo studente BES, in particolare tra gli insegnanti con l’insegnante di sostegno; infatti “the heart of inclusive education is collaboration.” (Florian, 2017, p. 249).

L’esperienza che segue mostra come insegnanti professionalmente preparati e con il desiderio di includere gli studenti possono fare molto.

La scuola in considerazione è un istituto alberghiero situato nell’Italia centrale. La classe è composta da 19 studenti, 10 ragazze e 9 ragazzi, di età compresa tra 16 e 17,5 anni (età media 16,4 e deviazione standard 0,5); 3 di questi studenti sono con bisogni educativi speciali. Da tempo con le classi seconde dell’istituto professionale alberghiero vengono realizzati progetti didattici di approfondimento sulla chimica dei prodotti alimentari, sviluppando esperimenti scientifici che possano coinvolgere cooperativamente anche gli alunni con bisogni educativi speciali.



Tutti i lavori scolastici vengono svolti cercando di ancorare gli argomenti ad un vissuto che sia al contempo personale e comune per gli studenti, e un collegamento su due livelli: uno molto prossimo alle discipline professionalizzanti (Scienza e cultura dell'alimentazione, i laboratori di sala-bar ed enogastronomia), l'altro alla realtà esterna alla scuola (contando sul fatto che molti di questi ragazzi si applicano nella cucina di casa sulle medesime discipline). (Mansueti, Cardellini, 2017).

Nel corso degli anni sono stati così sviluppati specifici interventi centrati sul binomio *questione scientifica-fatto concreto* trattando ad esempio la struttura molecolare nei miscugli omogenei ed eterogenei contestualmente a: costruzione di cocktail, studio sulla sequenza di condimento di un'insalata, preparazione di una maionese. Le reazioni di ossidoriduzione in parallelo alle prove sui materiali di confezionamento e conservazione come la pellicola di alluminio e le sue controindicazioni. Da qualche tempo ci si è concentrati sulle proprietà antiossidanti di specifiche sostanze alimentari, avendo anche contribuito alla pubblicazione di un Manuale di sana alimentazione con la Lega italiana per la lotta contro i tumori con lavori e ricette elaborate dagli studenti. (Mansueti, Cardellini, 2017).

L'insegnamento viene condotto coinvolgendo attivamente gli studenti richiedendo di rendere visibile il ragionamento, con l'intento di essere di aiuto e di stimolo alla crescita scientifica e umana, e di promuovere l'autodeterminazione. Questo perché si condivide l'affermazione "All children need to feel *competent*, to feel *autonomous*, and to feel *loved*." (Deci, Chandler, 1986, p. 592).

Negli ultimi mesi all'interno di un gruppo di apprendimento si è potuto osservare l'evoluzione didattica di un alunno quindicenne con diagnosi di *disturbo spettro autistico* (cod F84.1), che chiameremo Andrea. L'autismo è un disturbo generalizzato dello sviluppo neurologico caratterizzato da tre elementi fondamentali: un grave disturbo dell'interazione sociale, una disfunzione della comunicazione e una serie di disturbi del comportamento che mostrano atteggiamenti di chiusura, di isolamento e di esclusione dal contesto sociale. (Bellini et al., 2007; Miller et al., 2014; Hotton, Coles, 2016).

La disfunzione sociale e la difficoltà nelle relazioni sono forse la caratteristica che meglio definiscono l'handicap e l'autismo. "Socialization deficits are a major source of impairment regardless of cognitive or language ability for individuals with ASD" (Williams White, Keonig, Scahill, 2007, p. 1858). È un grave disturbo dello sviluppo, le cui cause non sono ancora chiare, che compromette la comunicazione verbale e non verbale e ne sono affetti circa 4 ogni 10.000 bambini. (Baron-Cohen, Leslie, Frith, 1985, p. 37).



La storia personale di Andrea, arrivato a Gennaio nella classe prima dopo il trasferimento da un'altra scuola, suggeriva timori piuttosto che ottimismo; l'intervento è stato strutturato nella classe mediante contestualizzazione di fatti concreti, come la reazione di imbrunimento operata dalle polifenilossidasi (gruppo di enzimi contenuti nelle piante e in alcuni tessuti animali dove provocano l'ossidazione delle sostanze con struttura fenolica, in particolare degli orto-difenoli) su porzioni di frutta esposte all'aria.

La parte sperimentale è iniziata subito, con semplici lavori in classe e a casa (per motivare il gruppo), mentre nel corso delle settimane si andava alzando il livello di concettualizzazione (in sequenza: struttura atomica, legami chimici e reazioni), in modo da fornire continui spunti per l'approfondimento e la proposizione autonoma di nuovi esperimenti (fra i tanti, semplici lavori come ad esempio provare se del succo di limone riusciva ad impedire l'ossidazione di uno spicchio di mela).



**Figura 4.** La classe seconda di un Istituto alberghiero composta da 19 studenti.

Uno di noi (EM) ha conosciuto Andrea a settembre: seduto al primo banco e benvenuto dai compagni, per settimane è stato però quasi immobile e apparentemente isolato, mentre i coetanei interagivano nella vita di classe e nell'allestimento delle prove sul davanzale della finestra. Per circa due mesi Andrea ha lavorato sporadicamente sulla chimica: soltanto in classe, vicino all'insegnante specializzato (impegnato per 18 ore settimanali: nella classe ci sono altri due ragazzi BES) e limitatamente alla riproduzione semplificata di schemi della lezione dal testo in uso (che il consiglio di classe dello scorso anno ha deciso di non far acquistare alla famiglia).

Nonostante la specializzazione e la passata esperienza nella didattica delle difficoltà di apprendimento non è stato colto il senso di una partecipazione che, seppur passiva, era evidentemente presente. Infatti dopo svariate settimane, in un giorno in cui mancava il docente specializzato assegnato alla classe, all'insegnante è parso di cogliere la scintilla di una possibilità: ha proposto di realizzare in prima persona un esperimento. Lo studente si è incredibilmente e velocemente attivato, padrone della situazione, seppur esprimendo a voce alta il timore di non riuscire a fare quello che gli veniva richiesto.

Sotto la guida dell'insegnante (e in piedi davanti ai compagni) ha dapprima ritagliato due spicchi di mela, li ha poi immersi uno in acqua (controllo) e uno nell'estratto di peperoncino preparato da un compagno (per verificarne in vitro le proprietà antiossidanti). Dopo 20 minuti li ha posti in un piattino sul davanzale della classe per il successivo fine settimana.



**Figura 5.** Due spicchi di mela vengono trattati rispettivamente con peperoncino e acqua (controllo) [foto 1 e 2]. Nella foto 3 risulta che il peperoncino è un antiossidante.

Si è mosso in ogni azione come se facesse qualcosa di importante e pericoloso e chiaramente non è qui importante discutere sulla riuscita o meno della prova sperimentale (comunque andata benissimo), quanto sugli sviluppi e le conseguenze osservate nel suo rapporto col docente, la classe e la disciplina.

Nelle lezioni successive ha continuato a lavorare da solo, senza bisogno di esortazioni, manifestando un evidente interesse per tutto quello che avveniva durante la lezione. Ha iniziato a prendere appunti in modo autonomo (dagli schemi del docente e dagli esercizi realizzati dai compagni), ponendo frequenti domande sulle consegne per casa.

Talvolta ha chiesto che non venisse cancellata la lavagna prima che lui avesse finito di copiare, e addirittura ora funge da stimolo per un compagno di classe solitamente apatico e passivo. Da qualche tempo Andrea chiede di tenere la copia del libro di testo dell'insegnante anche nelle ore successive per finire il lavoro; nell'ultima settimana ha però iniziato a restituirlo nella classe in cui l'insegnante si era nel frattempo spostato. Ora quando per caso vede l'insegnante, si adopera per un contatto e un saluto, approfittandone per aggiornarlo anche sull'andamento di nuovi esperimenti in corso a casa (dei quali espone all'insegnante soprattutto le difficoltà, alla ricerca di suggerimenti utili). Una piccola esperienza nella giusta direzione, perché l'istruzione in certe fasce di età particolarmente per studenti con difficoltà, continua ad essere principalmente un'impresa umana.

**Nota.** Questa esperienza è stata presentata al XXVI Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Paestum, settembre 2017.

### **Bibliografia**

T. P. Alloway, How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 2006, **1** (4), 134-139.

S. Baron-Cohen, A. M. Leslie, U. Frith, Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, 1985, **21** (1), 37-46.

S. L. Beilock, E. A. Maloney, Math anxiety: A factor in math achievement not to be ignored. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 2015, **2** (1), 4-12.

S. Bellini, J. K. Peters, L. Benner, A. Hopf, A Meta-analysis of school-based social skills interventions for children with autism spectrum disorders. *Remedial and Special Education*, 2007, **28** (3), 153-162.

G. Butera, E. M. Horn, S. B. Palmer, A. Friesen, J. Lieber, Understanding Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM). In B. Reichow, B. A. Boyd, E. E. Barton, S. L. Odom (Eds.), *Handbook of early childhood special education* (pp. 143-161). Springer, Switzerland, 2016.

- J. C. Campione, A. L. Brown, Learning ability and transfer propensity as source of individual differences in intelligence. In P. H. Brooks, R. Sperber, C. McCauley, (Eds.), *Learning and cognition in the mentally retarded* (pp. 265-293). Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1984.
- T. H. Carr, Attention, skill, and intelligence: Some speculations on extreme individual differences in human performance. In P. H. Brooks, R. Sperber, C. McCauley, (Eds.), *Learning and cognition in the mentally retarded* (pp. 189-215). Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1984.
- Censis, 51° *Rapporto nazionale sulla situazione sociale del Paese*, 2017.
- L. Deci, Promoting intrinsic motivation and self-determination in people with mental retardation. In H. N. Switzky (Dd.), *Personality and motivational systems in mental retardation* (pp. 1-29). Elsevier Inc., San Diego, CA, 2004.
- E. L. Deci, C. L. Chandler, The importance of motivation for the future of the LD field. *Journal of Learning Disabilities*, 1986, **19** (10), 587-594.
- S. Di Nuovo, Rethinking inclusion and its conditions: a reply to Giangreco, Doyle & Suter (2012). *Life Span and Disability*, 2012, **15** (2), 75-83.
- C. S. Dweck, *Self-theories: Their role in motivation, personality and development*. Psychology Press, New York, 2000.
- L. Fendler, I. Muzaffar, The history of the bell curve: Sorting and the idea of normal. *Educational Theory*, 2008, **58** (1), 63-82.
- Fondazione Giovanni Agnelli, *Rapporto sulla scuola in Italia 2011*. Editori Laterza, Bari, 2011.
- L. Florian, Reimagining special education, in: L. Florian (Ed.). *The Sage handbook of special education* (pp. 7-20), Sage, London, 2007.
- L. Florian, The heart of inclusive education is collaboration. *Pedagogika*, 2017, **126** (2), 248-253.
- L. Florian, K. Black-Hawkins, Exploring inclusive pedagogy. *British Educational Research Journal*, 2011, **37** (5), 813-828.
- C. J. Furrer, E. A. Skinner, J. R. Pitzer, The influence of teacher and peer relationships on students' classroom engagement and everyday motivational resilience. *Teachers College Record*, 2014, **116** (13), 101-123.
- S. E. Gathercole, T. P. Alloway, Working memory in the classroom. *Educational Research and Reviews*, 2008, **21** (5), 382-385.
- S. E. Gathercole, T. P. Alloway, H. J. Kirkwood, J. G. Elliott, J. Holmes, K. A. Hilton, Attentional and executive function behaviours in children with poor working memory. *Learning and Individual Differences*, 2008, **18** (2), 214-223.
- D. C. Geary, M. K. Hoard, L. Nugent, D. H. Bailey, Mathematical cognition deficits in children with learning disabilities and persistent low achievement: A five-year prospective study. *Journal of Educational Psychology*, 2012, **104** (1), 206-223.
- M. F. Giangreco, M. B. Doyle, J. C. Suter, Demographic and personnel service delivery data: implications for including students with disabilities in Italian schools. *Life Span and Disability*, 2012, **15**, (1), 97-123.
- E. A. Hanushek, L. Woessmann, *Universal basic skills: What countries stand to gain*, OECD, 2015.

J. Holmes, Working memory and learning difficulties. *Dyslexia Review*, 2012, **23** (Summer), 7-10.

J. Holmes, S. E. Gathercole, Taking working memory training from the laboratory into schools. *Educational Psychology*, 2014, **34** (4), 440-450.

M. Hotton, S. Coles, The effectiveness of social skills training groups for individuals with autism spectrum disorder, *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2016, **3** (1) 68-81.

D. Ianes, S. Cramerotti, L'uso dell'ICF-CY in ambito educativo: le principali prospettive educative. In D. Ianes, S. Cramerotti (A cura di). *Usare l'ICF nella scuola. Spunti operativi per il contesto educativo* (pp. 7-28), Erickson, Trento, 2011.

D. Ianes, S. Cramerotti, *Alunni con BES: Bisogni Educativi Speciali*, Erikson, Trento, 2016.

D. Ianes, H. Demo, Esserci o non esserci? Meccanismi di *pusch* e *pull out* nella realtà dell'integrazione scolastica italiana. In R. Vianello, S. Di Nuovo, *Quale scuola inclusiva in Italia? Oltre le posizioni ideologiche: risultati della ricerca* (pp. 101-123). Erickson, Trento, 2015.

C. Jarrold, A. D. Baddeley, A. K. Hewes, T. C. Leeke, C. E. Phillips, What links verbal short-term memory performance and vocabulary level? Evidence of changing relationships among individuals with learning disability. *Journal of Memory and Language*, 2004, **50** (2), 134-148.

A. H. Johnstone, H. El-Banna, Understanding Learning Difficulties – a predictive research model. *Studies in Higher Education*, 1989, **14** (2), 159-168.

I. Katz, A. Kaplan, T. Buzukashvily, The role of parents' motivation in students' autonomous motivation for doing homework: The importance of parents' motivation and behavior. *Learning and Individual Differences*, 2011, **21** (4), 376-386.

J. M. Keller, Development and use of the ARCS model of motivational design. *Journal of Instructional Development*, 1987, **10** (3), 2-10.

M. J. Kofler, M. D. Rapport, J. Bolden, D. E. Sarver, J. S. Raiker, ADHD and working memory: The impact of central executive deficits and exceeding storage/rehearsal capacity on observed inattentive behavior. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 2010, **38** (2), 149-161.

T. Kotkas, J. Holbrook, M. Rannikmäe, Identifying characteristics of science teaching/learning materials promoting students' intrinsic relevance. *Science Education International*, 2016, **27** (2), 194-216.

M. A. Lamport, K. Carpenter-Ware, D. W. Harvey, Learning Disabilities: The impact of social interaction on educational outcomes for learners with emotional and behavioral disabilities. *European Journal of Business and Social Sciences*, 2012, **1** (8), 67-77.

F. Magni, L'integrazione scolastica delle persone con disabilità, disturbi specifici di apprendimento (DSA) e bisogni educativi speciali (BES). Framework normativo e giurisprudenziale aggiornato. *Nuova Secondaria*, 2015, **32** (9), 22-42.

- E. Mansueti, L. Cardellini, Costruire i concetti nel contesto di appartenenza. *La Chimica nella Scuola*, 2017, **39**(1), 39-64.
- W. McKeachie, Does anxiety disrupt information processing or does poor information processing lead to anxiety? *International Review of Applied Psychology*, 1984, **33** (2), 187-203.
- M. Melby-Lervåg, C. Hulme, Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 2013, **49** (2), 270-291.
- A. Miller, T. Vernon, V. Wu, K. Russo, Social skill group interventions for adolescents with autism spectrum disorders: a systematic review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2014, **1** (4), 254-265.
- J. Pascual-Leone, A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 1970, **32** (4), 301-345.
- N. Reid, Working memory and science education: conclusions and implications. *Research in Science & Technological Education*, 2009, **27** (2), 245-250.
- N. M. Robinson, E. Zigler, J. J. Gallagher, Two tails of the normal curve: Similarities and differences in the study of mental retardation and giftedness. *American Psychologist*, 2000, **55** (12), 1413-1424.
- T. Saeed, S. Tahir, Working memory in children with intellectuality disability (ID) . *Journal of Psychology and Clinical Psychiatry*, 2016, **6** (4): 00366, DOI: 10.15406/jpcpy.2016.06.00366.
- Z. Shipstead, T. S. Redick, R. W. Engle, Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, 2010, **50** (3-4), 245-276.
- Z. Shipstead, T. S. Redick, R. W. Engle, Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, 2012, DOI: 10.1037/a0027473.
- M. Stuckey, A. Hofstein, R. Malmok-Naaman, I. Eilks, The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 2013, **49** (1), 1-34.
- R. Vianello, S. Lanfranchi, Allievi con disabilità intellettive. Meglio in classe con tutti o nelle classi speciali? In R. Vianello, S. Di Nuovo (A cura di), *Quale scuola inclusiva in Italia? Oltre le posizioni ideologiche: risultati della ricerca* (pp. 35-56), Erickson, Trento, 2015.
- R. Vianello, S. Lanfranchi, F. Pulina, Students with disabilities and with Special Educational Needs: A reply to Giangreco, Doyle and Suter (2012). *Life Span and Disability*, 2013, **16** (2), 219-227.
- Warnock, H. M., (1978). Online at:  
<http://www.educationengland.org.uk/documents/warnock/warnock1978.html>
- S. Williams White, K. Keonig, L. Scahill, Social skills development in children with autism spectrum disorders: A review of the intervention research. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2007, **37** (10), 1858-1868.
- E. Zigler, Looking back 40 years and still seeing the person with mental retardation as a whole person. In H. N. Switzky (Ed.), *Personality and motivational differences in persons with mental retardation* (pp. 3-55). Erlbaum, Mahwah, NJ, 2001.



# Un approfondimento della tautomeria chetoenolica e una particolare ossidazione degli alfa chetoli con relative osservazioni

Roberto Soldà

roberto.solda@libero.it

## **Riassunto**

*Per quanto riguarda il riconoscimento del potere riducente o meno, per aldeidi, chetoni e monosaccaridi, nelle scuole secondarie di secondo grado ad indirizzo chimico è ancora molto usato il ricorso ai saggi di Benedict o Fehling o Tollens.*

*In questo articolo, sfruttando uno di tali saggi, viene proposto anzitutto un approfondimento della tautomeria chetoenolica.*

*Inoltre viene approfondita un' ossidazione particolare, realizzabile sia con lo stesso saggio che con ossigeno atmosferico, relativa ai monosaccaridi, all'acido ascorbico ed in particolare agli alfa chetoli.*

*Tale ossidazione, ricordata solo in alcuni testi, è interessante anche dal punto di vista didattico per alcuni collegamenti con la tautomeria chetoenolica, di solito non trattati sperimentalmente.*

*Infine si forniscono utili indicazioni, per realizzare tali esperimenti, con sostanze facilmente reperibili e utilizzando attrezzatura in dotazione di qualsiasi scuola anche a non indirizzo chimico.*

## **Abstract**

*Regarding the recognition of the power of reducing or not, for aldehydes, ketones and monosaccharides, second-grade secondary school chemistry is still very much used in the use of Benedict's or Fehling's or Tollens's essays. In this article, exploiting one of these essays, it is first proposed an in-depth study of chetoenol tautomeria.*

*In addition, a particular oxidation, with both the same assay and with atmospheric oxygen, for monosaccharide, ascorbic acid and especially alpha ketones, is investigated.*

*Such oxidation, mentioned only in some texts, is also interesting from the didactic point of view for some connections with the tautomeria cheenoenolica, usually not treated experimentally.*

*Finally, useful information is provided to carry out such experiments, with substances readily available and using equipment provided by any school, even at non-chemical address.*

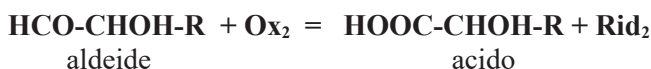
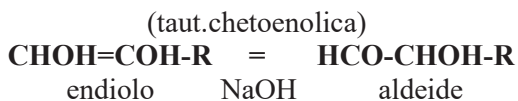
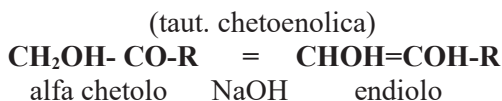
**Introduzione**

Come è noto, di solito uno dei tre saggi suddetti viene usato per il riconoscimento del potere riducente (o meno) delle aldeidi e chetoni e dei monosaccaridi.

Ma, con tale saggio del potere riducente, è possibile anche approfondire sperimentalmente e in modo abbastanza comprensibile l'argomento della tautomeria chetoenolica, per spiegare il potere riducente degli alfa ossichetoni, oltre che dei monosaccaridi chetosi.

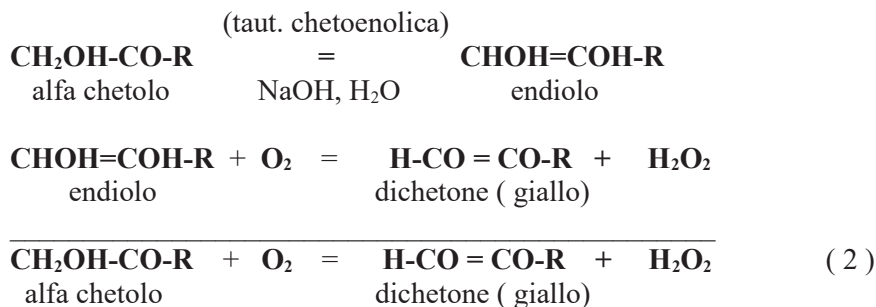
Premesso ciò, come è noto, nei testi di chimica organica sia a livello di scuola media superiore ad indirizzo chimico che universitario, per quanto riguarda la reazione di ossidazione dei monosaccaridi, viene riportato che, oltre agli aldosi, sono riducenti anche i chetosi perché, pur non contenendo alcun gruppo aldeidico, in soluzione basica, essi si isomerizzano ad aldosi appunto tramite tautomeria chetoenolica.

Cioè l'ossidazione avviene attraverso la reazione di dismutazione interna di Lobry de Bruyn e Alberda van Ekenstein, il cui meccanismo implica appunto la formazione intermedia di una forma endiolica, come riportato sotto.



Invece solo in pochi testi viene ricordata la reazione di ossidazione degli alfa chetoli a dichetoni di Weissberger, LuValle e Thomas, che implica sempre la formazione intermedia di una forma endiolica, ma con successiva formazione finale di un dichetone, come sotto.





E ciò parzialmente in analogia a quanto avviene per esempio nella reazione di ossidazione dell'acido ascorbico con reattivo di Fehling o con O<sub>2</sub>, come riportato sotto e in Figura 1.

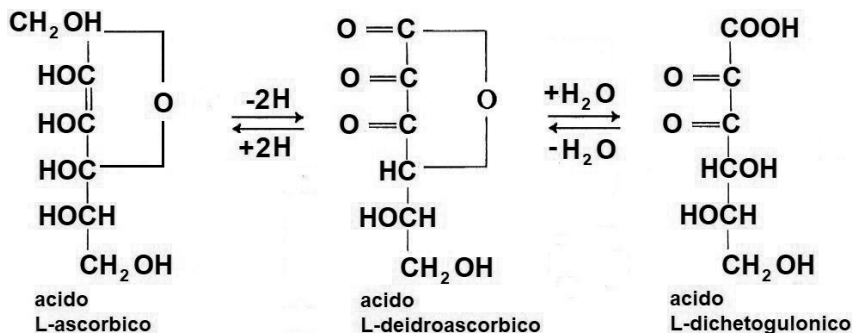
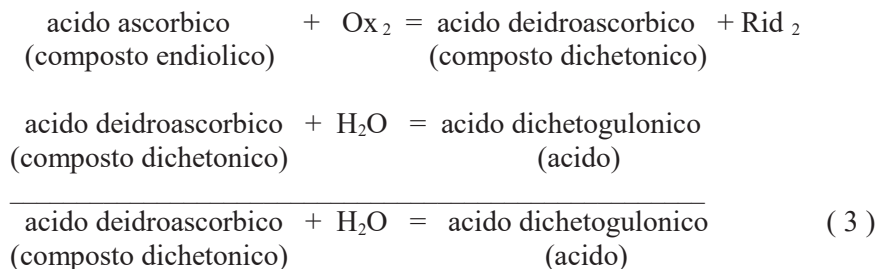


Figura 1. Reazione dell'ossidazione dell'acido ascorbico

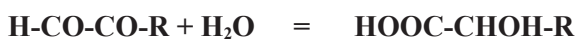
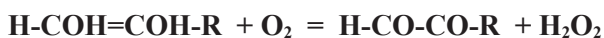
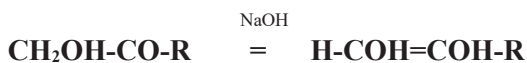
### Osservazioni relative alle tre reazioni

A) Nelle tre reazioni (1), (2) e (3) è implicata sempre una molecola "endiolica" ma, diversamente dalla reazione (1), nelle reazioni parziali coinvolte nelle reazioni totali (2) e (3) è presente l'ossidazione da endiolo a dichetone.

**B)** Nelle reazioni (1) e (3) il prodotto finale di ossidazione è un acido, mentre il prodotto finale di ossidazione della reazione (2) è un dichetone.

**C)** L'osservazione B) suggerisce che la reazione (1) *potrebbe avvenire* analogamente alla reazione di ossidazione dell'acido ascorbico.

Ossia come segue: alfa chetolo = endiolo = dichetone = acido



**D)** La struttura endiolica e la reazione di ossidazione dell'acido ascorbico (3) permettono in ogni caso di comprendere meglio entrambe le reazioni di ossidazione (1) e (2) degli alfa chetoli e anche dei chetosi.

Le osservazioni sopra riportate potrebbero risultare utili soprattutto per allievi delle scuole secondarie di secondo grado ad indirizzo chimico, ma anche non ad indirizzo chimico nelle quali la chimica organica viene insegnata ad un livello superiore a quello di base e comunque qualora si desidera dare una risposta a domande del tipo:

- Perché gli alfa idrossichetoni ed i monosaccaridi chetosi si comportano come riducenti al pari delle aldeidi o degli aldosì?

### **Prerequisiti**

- isomeria
- tautomeria chetoenolica di aldeidi e chetoni con atomi di idrogeno sul carbonio in posizione alfa
- potere riducente aldeidi e alfa ossichetoni, monosaccaridi aldosì e chetosi
- reazioni e proprietà fisico-chimiche degli zuccheri
- delocalizzazione e colore (per spiegare il colore giallo degli alfa dichetoni che li differenziano dagli altri dichetoni)

### **Osservazioni relative agli esperimenti**

Per quanto riguarda gli esperimenti e le modalità delle attività relative, si ritiene sufficiente fare riferimento ad uno dei tre saggi riportati nei testi di chimica organica in uso alle scuole secondarie di secondo grado.

Come sostanze da saggiare per il riconoscimento del potere riducente si aggiungono però, oltre a quelle comunemente usate, ovviamente anche il fruttosio e l'acido ascorbico.

Inoltre, per verificare la particolare ossidazione proposta in questo articolo, deve essere effettuata dagli allievi un'adeguata attività di laboratorio, relativamente all'ossidazione del fruttosio e dell'acido ascorbico ad opera dell'ossigeno atmosferico in soluzione acquosa 1 M di NaOH.

Infine è da notare che:

- gli esperimenti sopra indicati possono essere realizzati, oltre che con i saggi di Fehling, Benedict e Tollens, anche con il saggio di Trommer per il quale sono richiesti come reagenti solo NaOH e CuSO<sub>4</sub>, sostanze facilmente disponibili o reperibili in qualsiasi scuola.
- per il riconoscimento del potere riducente dell'acido ascorbico, con i saggi precedenti, non occorre il riscaldamento.

### Osservazioni e tempi

Allo scopo di incentivare l'attenzione e la motivazione degli allievi, si potrebbe, per esempio, fornire agli allievi una scheda tipo problem solving oppure un'altra scheda elaborata dai docenti in base alle capacità dei loro allievi. Il tempo necessario per gli esperimenti è circa due ore.

### Ringraziamenti

Si ringraziano, per alcune osservazioni utili e per l'interessamento che hanno contribuito a migliorare la stesura di questo lavoro, i professori: Luca Bernardi dell'Università di Bologna, Cristiano Zonta dell'Università di Padova e i professori Giuliano Ricciotti ed Ermanno Niccoli.

### Bibliografia

- C.A. Lobry de Bruyn, W. Alberda van Ekenstein, *Rec. Trav.chim.*, 1895, **14**, 203; 1900, **19**, 5.
- A. Weissberger, J. E. LuValle, D.S. Thomas, *J. Am. Chem. Soc.*, 1943, **65**, 1934-1939.
- J. Hine, *Physical Organic Chemistry*, McGraw-Hill Book Company, New York 1962.
- K. L. Williamson, *Macroscale and microscale organic experiments*, D.C. Heat and Company, 2<sup>a</sup> edizione, Lexington, Massachusetts, 1994.
- G. Ricciotti, *Chimica Organica e laboratorio*, Italo Bovolenta Editore, Ferrara 1997.
- E. V. Anslyn, D. A. Dougherty, *Modern Physical Organic Chemistry*, University Science Books, Sausalito, California 2006.
- G. Valitutti, G. Fornari, M.T. Gando, *Chimica organica, biochimica e laboratorio*, 5<sup>a</sup> edizione, Zanichelli Editore, Bologna 2017.
- J. McMurry, *Chimica Organica*, 9<sup>a</sup> edizione, Piccin – Nuova Libreria Editore, Padova 2017.



# Chimica e Creatività

Margherita Venturi

Dipartimento di Chimica “G. Ciamician”, Università di Bologna  
e-mail: margherita.venturi@unibo.it; Fax: 0512099456; Tel: 0512099543

## **Riassunto**

*La chimica non solo è una scienza centrale, perché tutti i processi che sostengono la vita sono basati su reazioni chimiche e tutte le cose che usiamo quotidianamente sono composti chimici naturali o artificiali, ma è anche l'unica disciplina scientifica che opera su tre livelli: il livello macroscopico, il livello ultramicroscopico e quello simbolico. La chimica è un mondo fantastico popolato da un numero incredibile di oggetti nanometrici chiamati molecole, le entità più piccole che hanno forme, dimensioni e proprietà distinte. Le molecole sono le parole della materia e la loro importanza è chiaramente dimostrata dal fatto che la maggior parte delle altre scienze è stata permeata dal linguaggio delle molecole. Come le parole, le molecole contengono informazioni specifiche che vengono rivelate quando interagiscono tra loro, o quando sono stimolate da fotoni o elettroni. I chimici sono nati come esploratori della Natura scoprendo e identificando milioni di molecole naturali; ben presto però sono diventati anche inventori di molecole artificiali e oggi continuano a svolgere questo duplice ruolo. Ma questo non è ancora tutto, perché recentemente i chimici, lavorando come ingegneri a livello molecolare, hanno imparato ad assemblare molecole e a creare sistemi supramolecolari che possono comportarsi come dispositivi e macchine nanometrici. Questo approccio molecola per molecola apre prospettive completamente nuove allo sviluppo delle nanotecnologie.*

## **Abstract**

*Chemistry is a central science because all the processes that sustain life are based on chemical reactions and all things we use in everyday life are natural or artificial chemical compounds. Chemistry is the unique scientific discipline that works at three levels: the macroscopic level, the ultramicroscopic level, and the symbolic one. Chemistry is also a fantastic world populated by an unbelievable number of nanometric objects called molecules, the smallest entities that have distinct shapes, sizes and properties. Molecules are the words of matter. Indeed, most of the other sciences have been permeated by the concepts of chemistry and the language of molecules.*

*Like words, molecules contain specific pieces of information that are revealed when they interact with one another or when they are stimulated by photons or electrons. Chemists, by exploring Nature, discovered and identified millions of natural molecules, but very soon they also became inventors of artificial molecules and today they continue to play such dual role. More recently, chemists, working as an engineer at the molecular level, have also learnt to assemble molecules and to create supramolecular systems that can behave as nanometric devices and machines. This molecule-by-molecule approach opens totally new perspectives to the development of nanotechnology.*

**Parole chiave:** chimica e linguaggio; molecole artificiali; chimica supramolecolare; congegni molecolari; macchine molecolari

### **Chimica e creatività: opposti o sinonimi?**

Chimica e creatività sono due parole che i chimici considerano quasi sinonimi, ma così non è per la maggior parte delle persone che non capiscono come sia possibile associare una parola così bella come creatività, che richiama alla mente l'arte, la poesia, la musica, alla chimica, che è vista come "qualcosa" di brutto da cui stare alla larga, quasi una parolaccia [1]. La chimica, infatti, è la disciplina meno compresa dal cittadino, che la guarda con diffidenza e sospetto, identificandola con inquinamento, sofisticazioni alimentari, incidenti; è la disciplina meno compresa dagli intellettuali, che si vantano in pubblico di non sapere cosa sia una molecola, mentre considerano un peccato mortale non conoscere la Divina Commedia; è la disciplina, purtroppo, meno compresa dagli studenti, che la vedono come una materia difficile, astrusa, spesso da imparare a memoria e per nulla collegata alla vita reale. Quest'ultimo è tutto sommato il problema più grave, che deriva dal fatto che la chimica nella maggioranza dei casi non è insegnata bene e da cui poi dipende l'ostilità generalizzata verso tutto ciò che richiama il termine chimico.

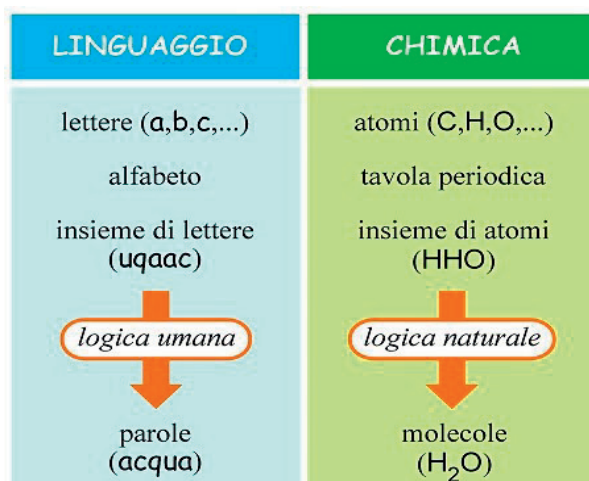
È, quindi, già dai banchi di scuola che la chimica perde il suo fascino, la sua bellezza e la sua stretta interconnessione con la creatività, cosa che invece appare molto evidente se si considera in che cosa consiste il lavoro del chimico e, ancor più, se si analizza come esso sia cambiato con il passare del tempo. Si tratta, infatti, di una storia che è a tutti gli effetti un meraviglioso viaggio fra chimica e creatività.

### **La chimica, una scienza a tre livelli**

Prima di cominciare il viaggio promesso, è interessante fare qualche considerazione sulla definizione di chimica; ovunque si cerchi la chimica viene definita come "la scienza che studia le proprietà, la composizione,

l'identificazione, la preparazione, la capacità e il modo di reagire delle sostanze naturali e artificiali del regno inorganico e di quello organico"; pur essendo ineccepibile dal punto di vista formale, questa definizione non rende giustizia alla chimica. Altrettanto discutibile è ciò che dice Piergiorgio Odifreddi nel suo libro *Il matematico impertinente* [2]: "Nel 1926 Schrödinger ha condensato tutta la chimica in un'unica equazione di soli sei simboli"; un'affermazione di questo tipo è il frutto di una visione estremamente riduzionista della chimica da cui non emergono la sua bellezza, la sua complessità e, soprattutto, la sua peculiarità di scienza a tre livelli. La chimica, infatti, è l'unica disciplina scientifica che collega in una danza continua il livello macroscopico, che è quello delle proprietà palesi della materia, delle manifestazioni evidenti delle reazioni, con il livello ultramicroscopico che è fatto di atomi e molecole, entità piccolissime e invisibili. Il bravo chimico sa muoversi con grande agilità fra il visibile e l'invisibile, rappresentando sia un mondo che l'altro mediante il linguaggio chimico che costituisce il terzo livello della chimica, il livello simbolico.

È interessante ed utile fare un confronto fra questo linguaggio ed un altro tipo di linguaggio, quello che usiamo per comunicare (Figura 1), cosa che potrebbe sembrare banale e che, invece, aiuta soprattutto i non esperti a comprendere i concetti fondamentali della chimica.



**Gli atomi sono le lettere della Chimica  
Le molecole sono le parole della Chimica**

**Figura 1.** Paragone fra il linguaggio che usiamo per comunicare e il linguaggio della chimica.

Ogni linguaggio è basato su unità grafiche elementari chiamate lettere: nella lingua italiana le lettere sono una ventina (a, b, c ecc.) e sono raccolte nell'alfabeto. Analogamente, le unità elementari della chimica, o meglio della materia, sono gli atomi, circa un centinaio, raccolti nella Tavola Periodica. L'analogia diviene ancora più serrata se consideriamo che per rappresentare gli atomi dei vari elementi si usano convenzionalmente delle lettere (H per l'idrogeno, O per l'ossigeno, C per il carbonio ecc.). Questo confronto ci dice che come tutto, nel linguaggio, è fatto di lettere, così tutto, nella materia, è fatto di atomi.

Nel linguaggio, le lettere dell'alfabeto generalmente non si usano isolate, ma combinate in gruppi, secondo una logica inventata dall'uomo: questi gruppi di lettere sono le parole, ciascuna delle quali ha un ben preciso significato, una specie di valore aggiunto che la parola ha rispetto alle lettere prese singolarmente, proprio perché emerge dall'aver preso un certo numero e tipo di lettere e dall'averle ordinate secondo la logica della lingua usata. Una cosa analoga accade per quanto riguarda la materia dove, anziché atomi isolati, si trovano comunemente loro combinazioni: queste combinazioni di atomi sono le molecole, ciascuna delle quali ha proprietà specifiche che gli atomi separati non hanno, proprio perché, come prima visto per le parole, emergono dall'unione di un certo tipo e numero di atomi ordinati secondo le leggi della natura.

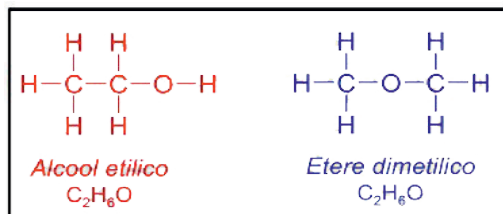
Le molecole, dunque, sono le parole della chimica, le parole della materia; come le parole sono più importanti delle lettere, così le molecole sono più importanti degli atomi dal momento che il mondo è fatto fondamentalmente di molecole e anche la vita, dal punto di vista materiale, si basa sulle molecole.

Come ci sono parole corte (cioè fatte di poche lettere) e parole lunghe, così ci sono molecole fatte di pochi atomi (come la molecola del diossido di carbonio, comunemente noto come anidride carbonica,  $\text{CO}_2$ , che è costituita da due atomi di ossigeno e uno di carbonio) e molecole più grandi (come quella del glucosio,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , formata da 6 atomi di carbonio, 12 di idrogeno e 6 di ossigeno). Però, mentre le parole contengono raramente più di 10-15 lettere (in italiano la parola più lunga, precipitevolissimevolmente, ne ha 26), le molecole possono essere formate anche da un numero molto grande di atomi; ad esempio, la molecola di emoglobina è costituita da 9.072 atomi:  $\text{C}_{2954}\text{H}_{4516}\text{N}_{780}\text{O}_{806}\text{S}_{12}\text{Fe}_4$ .

Come con le stesse lettere, ordinate in maniera diversa, si possono ottenere parole diverse, che hanno cioè un diverso significato, così con lo stesso numero e tipo di atomi si possono ottenere combinazioni diverse, cioè molecole diverse caratterizzate da differenti proprietà; ad esempio, 2 atomi di carbonio, 1 atomo di ossigeno e 6 atomi di idrogeno si possono combinare in due modi diversi, dando la molecola dell'alcool etilico e quella dell'etere



dimetilico, a cui corrispondono due liquidi con caratteristiche differenti: il primo è inodore, relativamente volatile e moderatamente tossico, mentre il secondo ha un odore pungente, è molto volatile e decisamente tossico.



Si potrebbe continuare a lungo con questo gioco di trovare analogie fra le parole e le molecole, ma è decisamente più importante sottolineare la grande differenza che esiste fra di esse: le parole sono entità astratte, mentre le molecole sono entità reali e concrete, anche se molto piccole, tanto è vero che per definire le loro dimensioni si usa una speciale unità di misura, il nanometro (nm), che è la miliardesima parte del metro.

Le molecole sono, quindi, “oggetti” piccolissimi e sono così piccoli che ogni porzione di materia ne contiene un numero enorme; ad esempio in 18 g d’acqua, più o meno due dita di liquido in un bicchiere da tavola, sono presenti  $6.2 \times 10^{23}$  molecole, che è un numero enorme, pari a circa dieci volte tutte le stelle dell’universo. È chiaro che in quel bicchiere nessuno è in grado di vedere le molecole, il chimico, però, sa che quelle proprietà dell’acqua, che tutti conoscono, vedono e toccano con mano, sono il risultato delle caratteristiche di ciascuna di quelle entità invisibili che compongono l’acqua, derivano cioè dalle proprietà della molecola d’acqua e dalle sue interazioni con altre molecole d’acqua. Il chimico lo sa perché, osservando il mondo macroscopico, sa pensare e immaginare, con gli occhi della mente, l’invisibile; sa andare oltre ciò che vedono gli altri dimostrando una grande creatività che, in accordo con quanto ha detto Albert Szent-Gyorgyi, premio Nobel per la Medicina del 1937, “consiste nel vedere ciò che tutti hanno visto e nel pensare ciò a cui nessuno ha mai pensato”.

Sfruttando, allora, questa capacità di volgere alternativamente lo sguardo fra il mondo del visibile e quello dell’invisibile e di pensare in maniera intercambiabile fra di essi, il chimico ha cominciato ad esplorare la natura: è qui che ha inizio il viaggio fra chimica e creatività.

### **Il chimico esploratore della natura**

La capacità di collegare con gli occhi della mente il mondo macroscopico a quello ultramicroscopico ha permesso al chimico di esplorare ed interpretare a livello molecolare la natura, scoprendo i pezzi invisibili che la compongono: le molecole naturali, che sono le parole della natura. A oggi ne ha identificate decine di milioni ed ha costruito per ciascuna di esse una spe-

cie di carta d'identità; ad ognuna ha dato un nome ed ognuna è stata rappresentata simbolicamente attraverso formule più o meno dettagliate. In questo lavoro minuzioso di indagine, il chimico ha scoperto un altro fatto importante e cioè che ogni molecola ha una sua forma. Per riuscire ad avere una visione tridimensionale delle molecole il chimico ha, allora, creato dei modelli, che si costruiscono col meccanismo dell'incastro usato nel ben noto gioco del LEGO, partendo da sferette di plastica rigida che rappresentano i vari tipi di atomi. Ogni sferetta identifica un atomo ed è cento milioni di volte più grande della dimensione reale dell'atomo corrispondente, così che il modello è in scala e rappresenta fedelmente le dimensioni relative delle varie molecole e delle parti che le costituiscono (Figura 2).

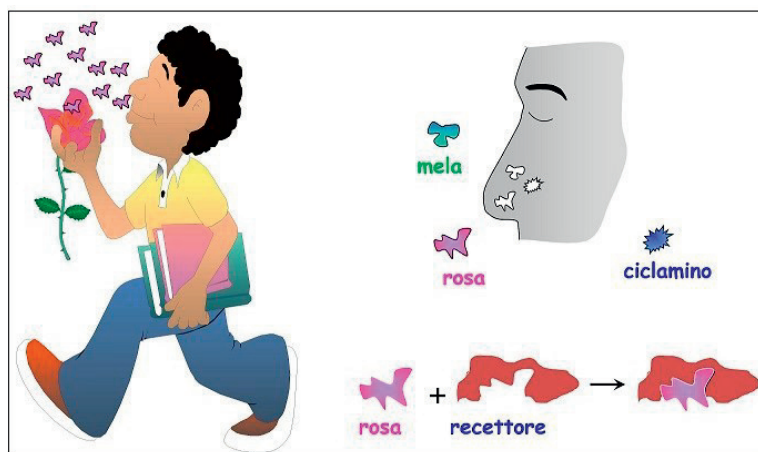


**Figura 2.** La forma delle molecole ottenuta con il lego dei chimici.

I chimici hanno inoltre capito che la forma delle molecole è una caratteristica fondamentale, perché da essa dipendono molte delle proprietà macroscopiche che mostrano le sostanze; ad esempio se la molecola d'acqua, invece di essere piegata, fosse lineare, l'acqua nelle condizioni normali del nostro pianeta sarebbe presente solo allo stato gassoso, cosa che avrebbe avuto drammatiche conseguenze per lo sviluppo della vita. In più, come ben sanno i biologi, la forma delle molecole è di grande importanza per molti processi biologici, fra i quali la nostra capacità di sentire gli odori.

Quando annusiamo, ad esempio, una rosa ne sentiamo il profumo perché la rosa rilascia nell'aria molecole che hanno una specifica forma e che, quando raggiungono il nostro naso, trovano nelle cavità della mucosa, nei cosiddetti recettori nasali, altre molecole che hanno forma e proprietà adatte per "riconoscerle" e combinarsi con esse, inglobandole come avviene fra una serratura e la sua chiave (Figura 3). A seguito di questa combinazione, dai recettori del naso parte un segnale che, attraverso le terminazioni nervo-

se del nostro organismo, raggiunge il cervello e suscita quella sensazione piacevole che chiamiamo “profumo di rosa”. Le molecole emanate da un altro fiore, ad esempio da un ciclamino, avendo forma e proprietà diverse, si combinano con recettori nasali diversi e generano un impulso nervoso diverso, che il nostro cervello legge come “profumo di ciclamino”.

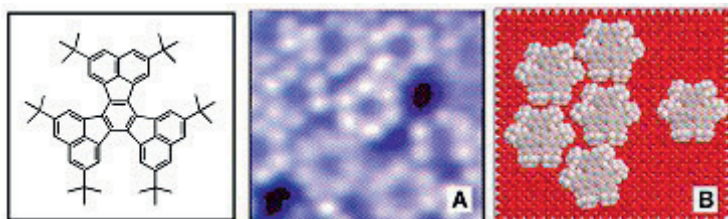


**Figura 3.** La capacità di sentire gli odori si basa sul riconoscimento e l’associazione fra molecole con forma e proprietà complementari.

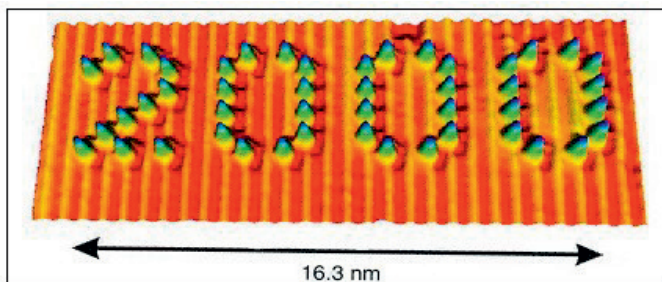
Tutto ciò ci dice che le molecole non hanno segreti per i chimici che hanno imparato a conoscerle lavorando praticamente al buio, perché oggetti così piccoli, presi singolarmente, non possono essere né visti, né pesati, né misurati. Questo concetto è stato espresso mirabilmente da Primo Levi nel suo libro *La chiave a stella* [3] quando cerca di spiegare ad un ingegnere il lavoro del chimico: “... noi chimici montiamo e smontiamo delle costruzioni molto piccole. Ci dividiamo in due rami principali, quelli che montano e quelli che smontano, e gli uni e gli altri siamo come dei ciechi con dita sensibili. Dico come dei ciechi, perché appunto, le cose che noi manipoliamo sono troppo piccole per essere viste, anche coi microscopi più potenti ...”.

I chimici, però, non hanno mai abbandonato l’idea di riuscire a vedere le singole molecole, anche se questa aspirazione è stata pesantemente osteggiata, soprattutto in passato. Goethe, ad esempio, si opponeva all’uso del microscopio affermando che “Non è giusto cercare di vedere ciò che non si può vedere ad occhio nudo, perché evidentemente è nascosto per qualche buona ragione.” Questa affermazione è ovviamente contraria alla logica stessa della scienza ed, infatti, i chimici non si sono lasciati intimorire, continuando a spingere le loro indagini sempre più verso il piccolo, se non altro per dimostrare che il mondo della chimica non è fatto di idee e suppo-

sizioni, ma di entità concrete. Così oggi, con l'invenzione di sofisticatissime tecniche d'indagine, è possibile "vedere" (non direttamente, ma tramite immagini ottenute con dispositivi elettronici, Figura 4, [4]) e, persino "toccare" (con punte ultrasottili) singole molecole tanto da riuscire a utilizzarle, ad esempio, come mezzo per una scrittura ultra-miniaturizzata (Figura 5, [5]).



**Figura 4.** Rappresentazione schematica (formula di struttura semplificata) della molecola di *esa-tert*-butildecaciclene. (A) Immagine di molecole di questo tipo ottenute con una speciale tecnica di microscopia. (B) Rielaborazione al computer delle immagini che meglio evidenzia la forma delle molecole.



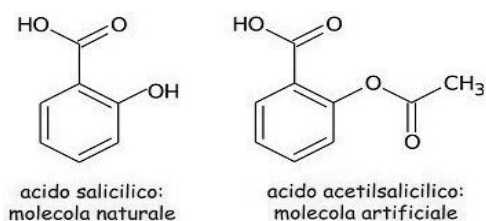
**Figura 5.** Data celebrativa del nuovo millennio, lunga appena 16.3 miliardesimi di metro, ottenuta posizionando 47 molecole di ossido di carbonio, CO, su una superficie di rame, mediante tecniche chiamate microscopie a sonda.

Insomma, i chimici hanno una grande familiarità con le molecole e allora, dopo essersi "fatti le ossa" esplorando la natura, hanno pensato che fosse arrivato il momento di "mettersi in proprio", aggiungendo un nuovo capitolo a questa storia.

### Il chimico inventore di molecole

Il chimico, smontando e rimontando in laboratorio le molecole naturali, analizzando le loro strutture e stabilendo la loro forma, ha acquisito una grandissima competenza nel combinare gli atomi e questo gli ha permesso di fare un salto di qualità: da esploratore della natura è diventato inventore di nuove molecole, cioè di molecole artificiali che non esistono in natura. Oggi

è così bravo da riuscire a sintetizzare molecole con caratteristiche su ordinazione e i farmaci ne sono un validissimo esempio. Anche lavorando in proprio, i chimici hanno però sempre tenuto l'occhio rivolto alla natura, ispirandosi ad essa, come ben dimostra la nascita dell'aspirina. La molecola di questo farmaco, l'acido acetilsalicilico, infatti, si ispira alla molecola naturale dell'acido salicilico, che il chimico ha modificato in modo tale da mantenerne gli effetti positivi, riducendo però al massimo i suoi effetti collaterali tutt'altro che positivi.



Il chimico inventore si ispira, quindi, alla natura, ma non solo, perché ha costruito molecole annodate, molecole che mimano il simbolo delle olimpiadi, molecole a cupola e a ponte, che ricordano le forme degli oggetti che incontriamo nella vita quotidiana e dei nostri edifici più belli (Figura 6).

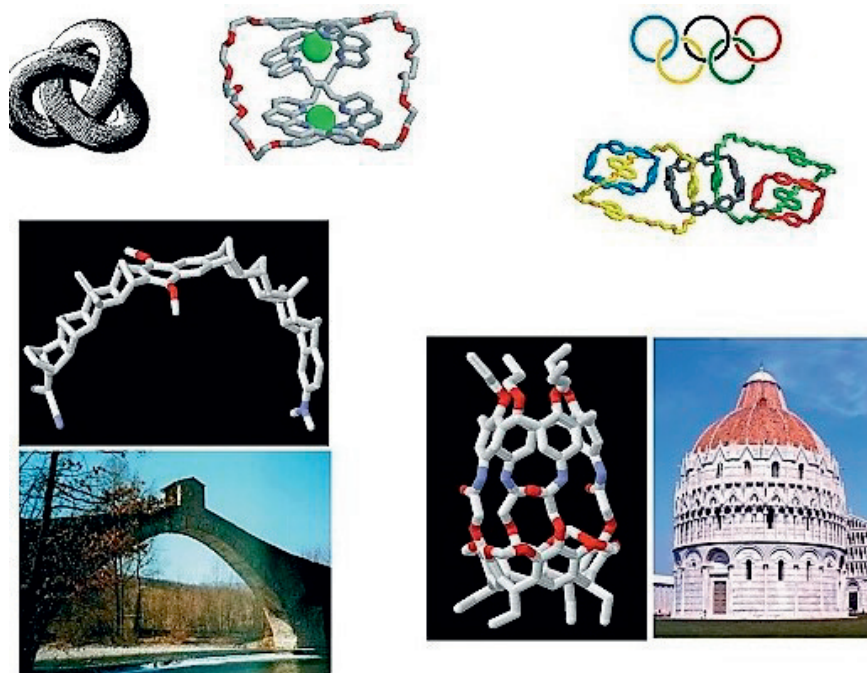
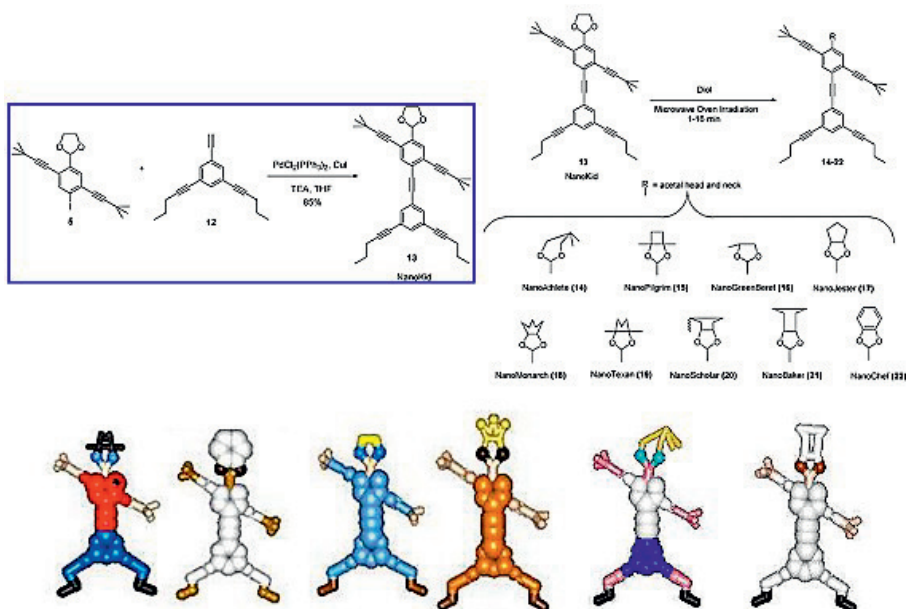


Figura 6. Esempi di molecole artificiali.

Recentemente è anche caduto nella tentazione di costruire molecole a sua immagine e somiglianza, commettendo un piccolo peccato di vanità. In questo campo primeggia James M. Tour, un noto chimico organico statunitense, che ha creato molecole antropomorfe [6]; sfruttando i principi della sintesi chimica ha, infatti, ottenuto molecole simili a uomini di dimensioni nanometriche che hanno foggie diverse e che ricordano, ad esempio, un cowboy, un cuoco, un re, un atleta (Figura 7).



**Figura 7.** Esempi di molecole antropomorfe.

Forse questo chimico si è fatto prendere un po' la mano, ma è noto che un pizzico di follia accompagna sempre la creatività e il genio. È interessante, però, notare che il genio non è quello che le persone normalmente pensano; come ha giustamente detto Thomas Edison, "il genio è uno per cento ispirazione e novantanove per cento sudore", perché gli scienziati, inclusi ovviamente i chimici, sono anzitutto persone che lavorano sodo: l'idea creativa, cioè il lampo di genio, è solo il punto di partenza a cui poi segue tanto e duro lavoro per realizzarla e concretizzarla.

Tanto lavoro e una grande creatività sono gli aspetti fondamentali dell'ultimo capitolo di questa storia che racconta come è cambiato il mestiere del chimico con il passare del tempo: un capitolo che è iniziato con la nascita della chimica supramolecolare.



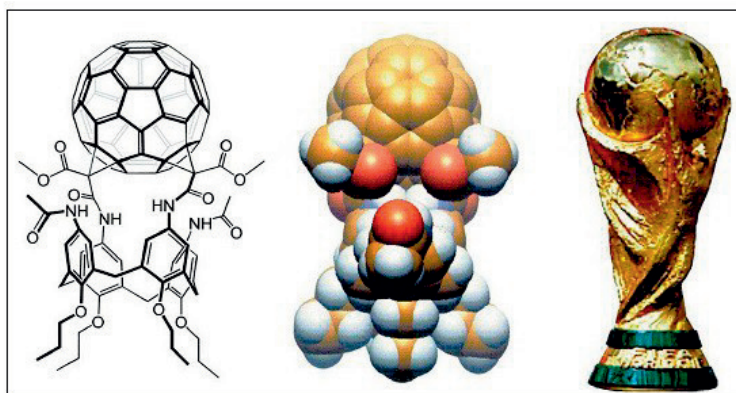
## Il chimico, ingegnere a livello molecolare

La chimica supramolecolare è una nuova branca della chimica il cui padre indiscusso è Jean-Marie Lehn, che ha avuto il premio Nobel per la Chimica nel 1987 e che l'ha definita come “la chimica che va oltre la molecola”; essa si interessa, infatti, dei sistemi ottenuti mettendo assieme più molecole, detti sistemi supramolecolari.

Ancora una volta il confronto con il linguaggio che usiamo per comunicare può essere d'aiuto per chiarire ai non esperti del settore il significato di sistema supramolecolare. Come ben si sa il linguaggio non si ferma alle parole: per esprimere un concetto si combinano più parole, ciascuna con un ben preciso significato, organizzandole in una frase, dove ogni parola deve essere messa al posto giusto; allo stesso modo in chimica per avere proprietà interessanti occorre combinare più molecole, ciascuna con caratteristiche ben precise, ottenendo una struttura supramolecolare organizzata, in cui ogni molecola occupa una ben precisa posizione ed interagisce con le altre. Nel sistema risultante emergono così proprietà nuove che le singole molecole non hanno, proprio perché derivano dall'organizzazione e dalla cooperazione fra i componenti molecolari: i sistemi supramolecolari possono pertanto essere visti come le frasi della materia.

Con la nascita della chimica supramolecolare si sono aperte grandi e nuove prospettive ai chimici che sono diventati molto bravi anche in questo lavoro di mettere assieme le molecole.

Ad esempio, dei chimici tedeschi [7] hanno assemblato due molecole, una chiamata calixarene, perché ha la forma di un calice, e l'altra nota come fullerene, che ha la forma di un pallone da football e che, per questo, è chiamata anche footballene (Figura 8).



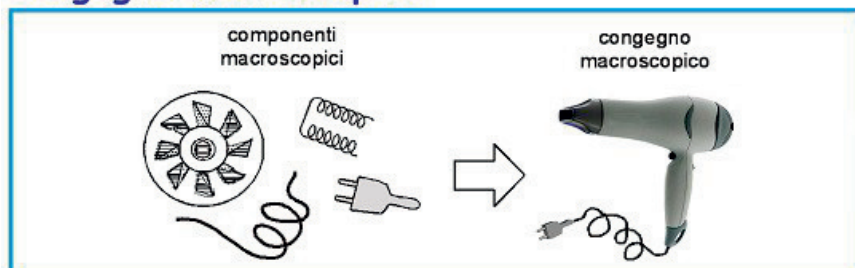
**Figura 8.** Sistema supramolecolare formato da un fullerene e da un calixarene (sinistra), suo modello tridimensionale (centro) la cui forma richiama la Coppa del Mondo di calcio (destra).

Il sistema supramolecolare ottenuto, come dimostra il suo modello molecolare tridimensionale, ricorda la forma della Coppa del Mondo di calcio; è interessante sottolineare che il risultato non è stato casuale, perché i chimici in questione hanno espressamente dedicato il lavoro alla nazionale di calcio francese che nel 1998 ha vinto il campionato del mondo.

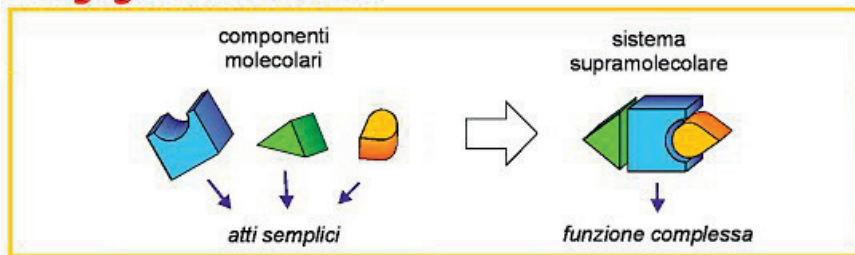
Questo oggetto supramolecolare, se si vuole, può essere visto come il primo caso di nano-arte, cioè arte a livello dei nanometri; è certamente un esempio curioso, certamente bello, ma sicuramente inutile e, sicuramente, non è questo lo scopo che si prefiggono i chimici coinvolti nell'ambito della chimica supramolecolare. Il loro obiettivo, infatti, è molto ambizioso e consiste nel costruire congegni e macchine a livello molecolare, sfruttando l'associazione fra molecole e una mentalità di tipo ingegneristico.

Il chimico ha fatto così un ulteriore passo in avanti: da inventore di nuove molecole è diventato un ingegnere molecolare. La differenza fra l'ingegnere vero e il chimico è che il primo prende pezzi macroscopici e ottiene oggetti macroscopici, mentre il secondo usa pezzi e ottiene sistemi che hanno le dimensioni del miliardesimo di metro (Figura 9).

### Congegno macroscopico



### Congegno molecolare



**Figura 9.** Confronto fra un congegno macroscopico e un congegno a livello molecolare.

Per realizzare questo lavoro il chimico seleziona o costruisce molecole con proprietà specifiche e le mette assieme in modo tale che il sistema risul-



tante sia in grado di svolgere funzioni non accessibili alle singole molecole, proprio perché derivano dalla loro cooperazione all'interno della struttura supramolecolare. Se poi le funzioni hanno risvolti applicativi, questa ingegneria molecolare diventa nanotecnologia che, come ha detto Roald Hoffmann, premio Nobel per la Chimica nel 1981, è appunto "il connubio tra il talento sintetico dei chimici e una mentalità di tipo ingegneristico".

È interessante notare che Primo Levi nel lontano 1978 parlava già della possibilità di mettere assieme molecole, possibilità a quel tempo irrealizzabile perché come dice l'autore stesso [8]: "... Non abbiamo quelle pinzette che sovente ci capita di sognare la notte, come uno che ha sete sogna le sorgenti, e che ci permetterebbero di prendere un segmento, di tenerlo ben stretto e diritto, e di montarlo nel verso giusto sul segmento che è già montato. Se quelle pinzette le avessimo, e non è detto che un giorno le avremo, saremmo già riusciti a fare delle cose graziose che fino ad adesso le ha fatte solo il Padreterno; per esempio montare non dico un ranocchio o una libellula, ma almeno un microbo o il semino di una muffa". Oggi i chimici hanno trovato nella chimica supramolecolare quelle pinzette agognate da Levi; non sono ancora riusciti ad ottenere un microbo o un semino di muffa, come sognava Levi, e forse non ci riusciranno mai, ma certamente hanno realizzato "cose graziose", per usare le parole dello scrittore, costruendo i primi prototipi di congegni e macchine a livello molecolare.

In quest'ambito, il Laboratorio di Nanoscienze Fotochimiche dell'Università di Bologna, nato sotto la guida di Vincenzo Balzani, è molto attivo e ha progettato svariati sistemi interessanti.

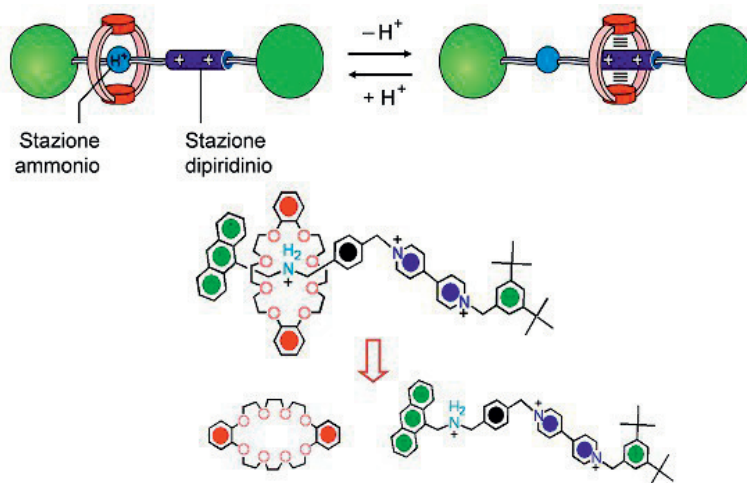
Sono stati ottenuti, ad esempio, dei veri e propri fili di dimensione nanometrica, realizzando sistemi supramolecolari in cui è possibile trasferire energia o elettroni ad una certa distanza e secondo una ben precisa direzione [9], sistemi basati su strutture ramificate, chiamati dendrimeri perché la loro forma ricorda quella di un albero (dendron, in greco), che si comportano da batterie molecolari [10] o da antenne molecolari [11] e, anche, sistemi che si comportano a livello molecolare come i congegni macroscopici presa/spina [12] e prolunga elettrica [13].

Ancora una volta è evidente che il chimico, per costruire molti di questi congegni molecolari, si è ispirato agli oggetti che usiamo quotidianamente, ma molta ispirazione è derivata anche dall'osservazione della natura, dove sono molti i congegni molecolari che svolgono funzioni importanti, come ad esempio i sistemi antenna che, assorbendo la luce solare, innescano il processo fotosintetico. In natura, però, esistono anche macchine molecolari, sistemi cioè nei quali, fornendo energia, avvengono movimenti meccanici; qualsiasi organismo vivente contiene macchine molecolari che lo fanno muovere, vivere: le cellule del nostro corpo sono provviste di centinaia di

differenti tipi di macchine molecolari, ciascuna specializzata in una certa funzione [14]. Ovviamente le macchine molecolari naturali sono complicatissime ed è impossibile riprodurle, ma è stata proprio la loro presenza a convincere i chimici che la realizzazione di macchine molecolari artificiali fosse un'impresa possibile e attuabile.

Anche in quest'ambito il Laboratorio di Nanoscienze Fotochimiche dell'Università di Bologna è molto attivo ed ha progettato svariati prototipi di macchine molecolari artificiali.

Ad esempio, è stato sviluppato un sistema basato su una struttura di tipo rotassano, una struttura cioè formata da una molecola ad anello, detta ruota, infilata in una molecola filiforme, definita asse, alle estremità della quale vi sono due gruppi ingombranti (stopper) per impedire lo sfilamento dell'anello. Il componente ad anello e quello filiforme del rotassano in questione sono stati accuratamente progettati per far sì che, mediante l'uso di opportuni stimoli energetici, il sistema si comportasse come una navetta molecolare [15]. Nello specifico (Figura 10), l'asse contiene uno ione ammonio e uno ione dipiridinio, che rappresentano due siti di riconoscimento, cioè due stazioni, per la ruota. Questa, infatti, contenendo atomi di ossigeno, è in grado di dare legami ad idrogeno con lo ione ammonio; inoltre, grazie alla presenza di due gruppi diossibenzene che hanno proprietà elettron donatrici, l'anello è in grado di interagire anche con la seconda stazione, che ha proprietà di electron-accettore e con la quale, quindi, stabilisce interazioni di tipo elettron-donatore/electron-accettore. Poiché le interazioni con lo ione ammonio sono più forti di quelle con lo ione dipiridinio, la situazione più stabile per questo sistema è quella in cui la ruota circonda lo ione ammonio.



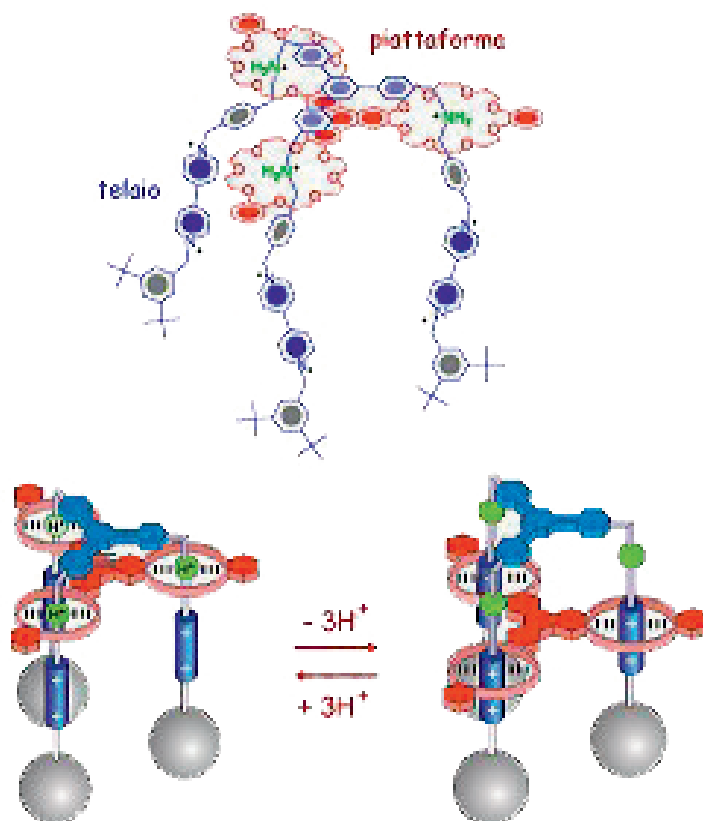
**Figura 10.** Una navetta molecolare azionata da stimoli acido-base.

Tale situazione, però, può essere alterata per aggiunta di un base che, deprotonando lo ione ammonio, disattiva la stazione preferenziale per la ruota; l'anello allora va a cercare l'altra stazione muovendosi lungo l'asse in modo da posizionarsi attorno ad essa. Successivamente, aggiungendo un acido capace di riformare lo ione ammonio, cioè la stazione preferenziale, la ruota torna indietro ripristinando la situazione iniziale. Così, aggiungendo in sequenza e ripetitivamente base e acido, è possibile far andare avanti e indietro la ruota fra le due stazioni, con un movimento che ricorda quello di una navetta.

Un tale comportamento, ovviamente, è supportato da chiare evidenze sperimentali ottenute utilizzando molte tecniche: voltammetria ciclica, spettroscopia NMR e spettroscopia di assorbimento ed emissione sia in fase stazionaria che risolta nel tempo. Inoltre, usando la tecnica dello stopped flow è stato possibile misurare la velocità di spostamento dell'anello fra le due stazioni, trovando che il movimento dalla stazione ammonio alla stazione dipiridinio, indotto dall'aggiunta di base, è di due ordini di grandezza più lento del movimento inverso, indotto dall'aggiunta di acido; questo risultato, in un certo qual modo sorprendente, è spiegabile considerando che i due movimenti coinvolgono specie diverse, il rotassano deprotonato nel primo caso e quello protonato nel secondo, e che queste specie, avendo carica differente, richiedono il coinvolgimento di un numero diverso di controioni.

L'esperienza acquisita studiando questo rotassano ha permesso di progettare e costruire sistemi di complessità sempre maggiore. Ad esempio, lo sviluppo in senso tridimensionale della navetta controllata da energia chimica appena descritta, ha portato alla costruzione del sistema mostrato in Figura 11 [16].

Esso è costituito da un componente a tre braccia, ciascuna delle quali contiene le due stazioni già viste, lo ione ammonio e lo ione dipiridinio, e da una piattaforma molecolare ottenuta dalla fusione di tre anelli uguali alla ruota del rotassano precedente. Per i forti legami a idrogeno che si formano, la struttura stabile di questo sistema è quella in cui i tre anelli della piattaforma circondano le tre stazioni ammonio. Se però si aggiunge una base, le unità ammonio vengono deprotonate, i legami a idrogeno vengono rotti e, di conseguenza, la piattaforma si sposta sulle unità dipiridinio, con le quali gli anelli danno un'interazione elettrone-donatore/elettrone-accettore. Analogamente a quanto visto per il rotassano precedente, è poi possibile ripristinare la struttura iniziale per successiva aggiunta di acido. Il sistema può, quindi, essere rappresentato come una piattaforma incardinata a tre colonne che sale e scende fra due piani in seguito a stimoli (comandi) provenienti dall'esterno: un ascensore a livello molecolare.

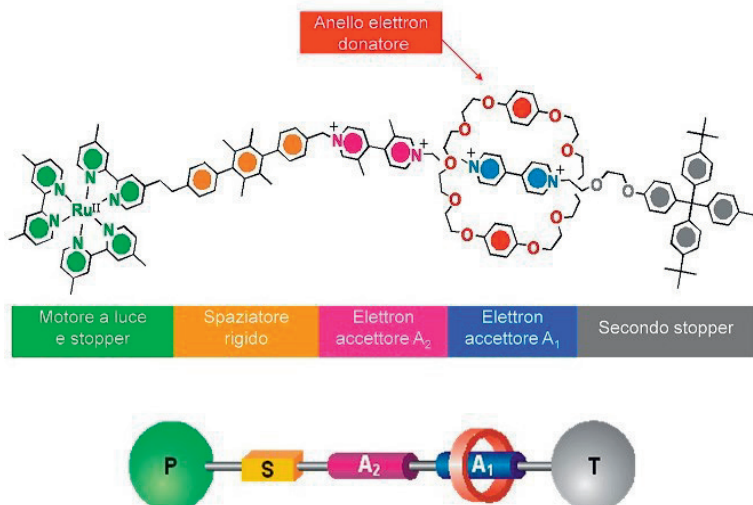


**Figura 11.** Prototipo di un ascensore molecolare.

Lo stato di sofisticazione raggiunto dalla progettazione e dalla sintesi delle macchine molecolari è chiaramente evidenziato dalla complessità strutturale e funzionale del sistema mostrato in Figura 12 [17], che funziona come una navetta azionata da luce solare; si tratta sicuramente dell'idea più creativa che ha avuto il gruppo dell'università di Bologna, quella che ha dato maggiori soddisfazioni, ma anche quella che ha richiesto più fatica e più lavoro per essere realizzata.

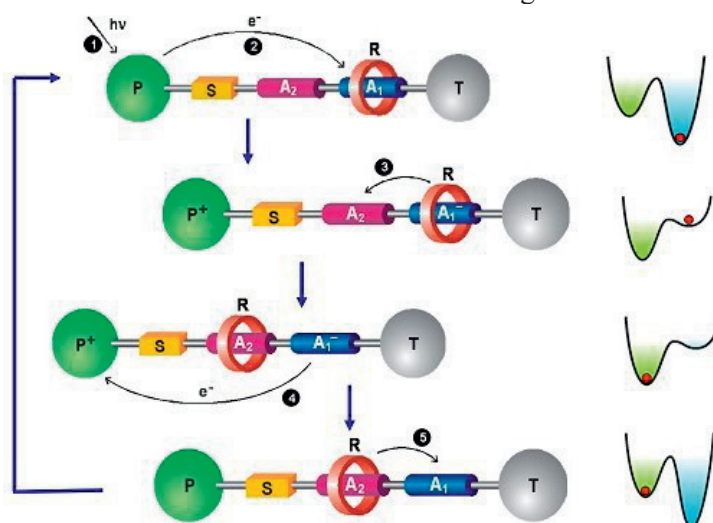
Il sistema è costituito da un rotassano formato da un componente ad anello, con caratteristiche di elettrone-donatore, e da un asse molecolare in cui sono incorporate parecchie unità, ciascuna con un ben preciso ruolo: il complesso  $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ , che svolge sia la funzione di stopper che quella fondamentale di motore a luce dal momento che assorbe la luce utilizzata dal sistema per operare, uno spaziatore rigido, un'unità 3,3'-dimetil-4,4'-dipiridinio ( $A_2$ ) e un'unità 4,4'-dipiridinio ( $A_1$ ), che avendo entrambi caratteristiche elettrone-accettrici svolgono il ruolo di stazioni per l'anello, e infine un secondo stopper.

La situazione iniziale del sistema è quella in cui l'anello circonda l'unità  $A_1$ , che è un elettrone-accettore migliore di  $A_2$ , situazione che, però, può essere destabilizzata fornendo luce al componente  $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ .



**Figura 12.** Struttura della navetta molecolare azionata da luce solare e sua schematizzazione

In seguito alla sua eccitazione, infatti, nel sistema avvengono una serie di trasferimenti elettronici e movimenti nucleari (Figura 13), che possono essere descritti molto schematicamente nel modo seguente.



**Figura 13.** Trasferimenti elettronici e movimenti nucleari alla base del funzionamento della navetta azionata da luce solare mostrata in Figura 12.

L'assorbimento di luce (processo 1) da parte di P, il complesso  $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ , è seguito dal trasferimento di un elettrone alla stazione  $A_1$  (processo 2) circondata dall'anello. Questo trasferimento elettronico fa sì che la stazione  $A_1$  perda le caratteristiche di elettrone-accettore, il che destabilizza la sua interazione con l'anello; l'anello si muove allora sulla stazione  $A_2$  (processo 3); a questo punto un trasferimento elettronico, opposto a quello fotoindotto, dalla stazione ridotta  $A_1^-$  (non più circondata dall'anello) all'unità ossidata  $P^+$  (processo 4) ripristina il carattere elettrone-accettore della stazione  $A_1$ ; a seguito di ciò, l'anello torna sulla stazione  $A_1$  (processo 5), riportando il sistema alla struttura iniziale.

In conclusione, ogni impulso luminoso causa, attraverso quattro stadi, il movimento alternato dell'anello lungo il filo senza generare prodotti di scarto, così che questo sistema può essere considerato un motore lineare a quattro tempi, azionato dalla luce.

Anche se l'efficienza della macchina è piuttosto bassa, il sistema ha delle peculiarità eccezionali a tutt'oggi rimaste imbattute: a) il suo combustibile, la luce solare, è gratuito ed inesauribile; b) si muove in maniera autonoma (finché c'è luce funziona), come i motori proteici; c) il meccanismo è totalmente intermolecolare e, quindi, operativo anche a livello di singola molecola; d) non genera alcun tipo di prodotti di scarto; e) funziona alla frequenza di 1 kHz, cioè compie un ciclo completo in 1 ms; f) lavora in condizioni blande, cioè in soluzione e a temperatura ambiente; g) è stabile per circa 1000 cicli.

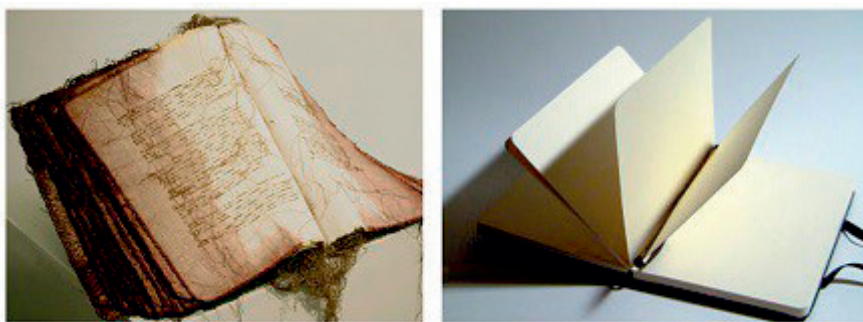
Di questo “motore nanometrico ad energia solare” ne hanno parlato le riviste scientifiche di tutto il mondo e anche i quotidiani italiani, questi ultimi con grande enfasi e con paragoni irreali con i motori a scoppio delle automobili, rappresentandolo, ad esempio, vicino ad una Ferrari sotto al titolo “*Un nanomotore a benzina solare*”. Gli articoli erano scritti con esattezza, ma i titoli erano molto fuorvianti, tanto che un costruttore di motociclette da corsa si è proposto come collaudatore di questo nanomotore, non considerando che per le sue “esigue dimensioni”, 6 miliardesimi di metro, sarebbe stato proprio difficile salirci sopra!

A questo punto ci si potrebbe domandare a cosa servono tali ricerche; al momento è difficile sapere se e quando i congegni e le macchine molecolari artificiali troveranno applicazioni pratiche. Un insegnamento, però, si può ricavare dal famoso aneddoto dell'incontro di Faraday con il primo ministro inglese Gladstone, desideroso di sapere a cosa potesse servire quella “sostanza esoterica” scoperta da Faraday e chiamata elettricità. La risposta dello scienziato fu: “Non si preoccupi signore, un giorno la tasserete”, una risposta lapidaria e allo stesso tempo lungimirante, tipica di chi è consapevole che la scienza ci riserva sempre grandi sorprese.

Per quanto riguarda i congegni e dalle macchine molecolari artificiali, i ricercatori che lavorano in quest'ambito sono infatti fiduciosi che, in un futuro non troppo lontano, essi potranno offrire grandi e meravigliose prospettive in molti settori, dalla medicina alla scienza dei materiali, dall'ambito energetico a quello informatico.

## Conclusione

Queste poche pagine, che descrivono in che cosa consiste il lavoro del chimico e come esso sia cambiato con il passare del tempo, dimostrano senza tema di smentite quanto sia importante la creatività per lo sviluppo della chimica. Questa disciplina infatti può essere vista come un libro che non è soltanto da leggere, esplorando le tante pagine che la Natura ha riempito nel corso dei millenni, ma anche da scrivere; se la parte ancora da leggere è vasta, quella che si può scrivere è praticamente infinita: solo chi affiderà la sua penna alla creatività potrà aggiungere nuove ed importanti pagine nel grande libro della Natura.



L'articolo potrebbe finire qui, ma c'è un'amara considerazione che sento il dovere di condividere con i lettori. È ben noto che il Premio Nobel per la Chimica del 2016 è andato a tre ricercatori – il francese Jean-Pierre Sauvage dell'Università di Strasburgo, lo scozzese J. Fraser Stoddart, trapiantato in America e ora alla Northwestern University di Evanston, e all'olandese Bernard L. Feringa dell'Università di Groningen – per i loro lavori su “progettazione e sintesi di macchine molecolari”. Come prima sottolineato, l'estensione del concetto di macchina alla scala nanometrica è un argomento di grande interesse per la ricerca di base e contribuisce a rendere la chimica una disciplina affascinante e in continua evoluzione; possiamo quindi dire che il Nobel per la Chimica 2016 ha certamente premiato la chimica (cosa che non era accaduta negli ultimi anni) e possiamo anche dire che l'Accademia svedese ha visto giusto nel riconoscere l'indiscusso contributo dei tre premiati allo sviluppo delle macchine molecolari. Dobbiamo però aggiungere che, purtroppo, il suo verdetto fornisce una rappresentazione incompleta della tematica: ha dimenticato ancora una volta l'Italia che in



quest'ambito è leader grazie a Vincenzo Balzani, professore dell'Università di Bologna.

Balzani ha contribuito in modo fondamentale non solo alla realizzazione dei primi prototipi di macchine molecolari in collaborazione con Sauvage e Stoddart, ma anche allo sviluppo e al consolidamento dei concetti alla base di questo campo di ricerca e, quindi, ne è il vero pioniere. Balzani e il suo gruppo posero, infatti, le basi progettuali per la costruzione di macchine molecolari in un articolo del 1987 [18] e in un libro del 1991, scritto assieme a Franco Scandola [19]. Anche il termine “molecular machine” venne discusso per la prima volta in un articolo firmato da Balzani, Stoddart e collaboratori nel 1993 [20] e il primo testo sull'argomento, *Molecular devices and machines - A journey into the nanoworld*, uscito nel 2003 in inglese e tradotto in cinese ed in giapponese, è a firma tutta italiana [21].

Molte delle nanomacchine citate nella motivazione del premio non avrebbero funzionato – e forse non avrebbero neppure visto la luce – senza il contributo di Balzani.

Balzani però non ha avuto il Nobel; il problema è che il premio non può essere assegnato a più di tre persone e sulla torre erano in quattro: uno doveva essere buttato giù. Quando la competizione internazionale arriva a questi livelli, non basta il curriculum scientifico del candidato, è necessario che ci sia anche il supporto dell'intera comunità nazionale, formata dagli atenei, dai grandi enti di ricerca, dalle accademie, dalle società e dai ministeri. Evidentemente a Stoccolma Balzani si è trovato da solo contro tre candidati fortemente appoggiati dai loro paesi!

Purtroppo questo infausto risultato è anche figlio dell'indebolimento sistematico della ricerca di base italiana, ormai giunta allo stremo delle forze dopo decenni di sottofinanziamento e regolata da sistemi di reclutamento, funzionamento e valutazione non sempre adeguati. Si tratta di un sistema fortemente indebolito che è percepito come tale anche all'estero, motivo per cui l'Italia fatica a raccogliere i frutti che merita.

Balzani ha, quindi, pagato il fatto di essere italiano, ma forse anche il fatto di essere uno scienziato “scomodo” che ha sempre sostenuto la responsabilità morale della scienza, battendosi contro la guerra e le disuguaglianze sociali.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Nebbia, G.: Chimica è parolaccia? *La Chimica&l'Industria*, **2011**, 6, 80–83.
- [2] Odifreddi, P.: *Il matematico impertinente*, Longanesi, Milano, **2005**.
- [3] Levi, P.: *La chiave a stella*, Einaudi, Torino, **1978**, p. 149.
- [4] Gimzewski, J. K.; Joachim, C.; Schlittler, R. R.; Langlais, V.; Tang, H.; Johannsen, I.: Rotation of a single molecule within a supramolecular bearing, *Scienze*, **1998**, 281, 531–533.
- [5] Hla, S.-W.; Meyer, G.; Rieder, K.-H.: Inducing single-molecule chemical reactions with a UHV-STM: a new dimension for nano-science and technology, *ChemPhysChem* **2001**, 2, 361–366.



- [6] Chanteau, S. H.; Troy, R.; Tour, J. M.: Arts and Sciences Reunite in Nanoput: Communicating Synthesis and the Nanoscale to the Layperson, *Journal of the Chemical Education*, **2003**, *80*, 395–400.
- [7] Soi, A.; Hirsch, A.: The molecular world cup: synthesis of a fullerene-calix[4]arene conjugate containing two malonamide substituents within the upper rim, *New Journal of Chemistry*, **1998**, *22*, 1337–1339.
- [8] Levi, P.: *La chiave a stella*, Einaudi, Torino, **1978**, p. 151.
- [9] Schlicke, B.; Belsler, P.; De Cola, L.; Sabbioni, E.; Balzani, V.: Photonic wires of nanometric dimensions. Electronic energy transfer in rigid rod-like  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}(\text{ph})_n\text{Os}(\text{bpy})_3^{2+}$  compounds (ph=1,4-phenylene, n=3, 5, 7), *Journal of the American Chemical Society*, **1999**, *121*, 4207–4212.
- [10] Ceroni, P.; Venturi, M.: Dendrimers as multielectron storage devices in *Electrochemistry of Functional Supramolecular Systems* (Eds. P. Ceroni, A. Credi, M. Venturi); John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, **2010**, p. 145–184.
- [11] Balzani, V.; Campagna, S.; Denti, G.; Juris, A.; Serroni, S.; Venturi, M.: Designing dendrimers based on transition-metal complexes. Light-harvesting properties and predetermined redox patterns, *Accounts of Chemical Research*, **1998**, *31*, 26–34.
- [12] Ishow, E.; Credi, A.; Balzani, V.; Spadola, F.; Mandolini, L.: A molecular-level plug/socket system: electronic energy transfer from a binaphthyl unit incorporated into a crown ether to an anthracenyl unit linked to an ammonium ion, *Chemistry – A European Journal*, **1999**, *5*, 984–989.
- [13] Ferrer, B.; Rogez, G.; Credi, A.; Ballardini, R.; Gandolfi, M. T.; Balzani, V.; Liu, Y.; Tseng, H.-R.; Stoddart, J. F.: Photoinduced electron flow in a self-assembling supramolecular extension cable, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **2006**, *103*, 18411–18416.
- [14] Goodsell, D. S.: *The machinery of life*, Springer, New York, **2009**.
- [15] Ashton, P. R.; Ballardini, R.; Balzani, V.; Baxter, I.; Credi, A.; Fyfe, M. C. T.; Gandolfi, M. T.; Gómez-López, M.; Martínez-Díaz, M. V.; Piersanti, A.; Spencer, N.; Stoddart, J. F.; Venturi, M.; White, A. J. P.; Williams, D. J.: Acid-base controllable molecular shuttles, *Journal of the American Chemical Society*, **1998**, *120*, 11932–11942.
- [16] Badjić, J. D.; Balzani, V.; Credi, A.; Silvi, S.; Stoddart, J. F.: A molecular elevator, *Science*, **2004**, *303*, 1845–1849.
- [17] Balzani, V.; Clemente-León, M.; Credi, A.; Ferrer, B.; Venturi, M.; Flood, A. H.; Stoddart, J. F.: Autonomous artificial nanomotor powered by sunlight, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **2006**, *103*, 1178–1183.
- [18] Balzani, V.; Moggi, L.; Scandola, F.: Towards a supramolecular photochemistry: assembly of molecular components to obtain photochemical molecular devices, in *Supramolecular Photochemistry* (Ed. V. Balzani), Reidel, Dordrecht, **1987**, p. 1–28.
- [19] Balzani, V.; Scandola, F.: *Supramolecular Photochemistry*, Horwood, Chichester, **1991**.

[20] Ballardini, R.; Balzani, V.; Gandolfi, M. T.; Prodi, L.; Venturi, M.; Philp, D.; Ricketts, H. G.; Stoddart J. F.: A photochemically driven molecular machine, *Angewandte Chemie International Edition*, **1993**, 32, 1301–1303.

[21] Balzani, V.; Credi, A.; Venturi, M.: *Molecular devices and machines. A journey into the nanoworld*, Wiley-VCH, Weinheim, **2003**.



Gruppo Nazionale di Fondamenti e  
Storia della Chimica

## **Friedrich Wöhler e Hermann Kolbe: dal primo composto organico sintetizzato da materiali inorganici alla prima sintesi totale**

Rinaldo Cervellati

Socio del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC)

### **Riassunto**

*La maggior parte dei libri di chimica generale e chimica organica descrivono la sintesi dell'urea di Friedrich Wöhler come il momento in cui nasce la chimica organica moderna facendolo coincidere con l'abbandono dell'idea che i composti organici potevano essere sintetizzati solo da animali e piante. Se da un lato è vero che l'urea fu ottenuta per la prima volta da Wöhler nel 1828 come sottoprodotto dell'interconversione del cianato d'ammonio per reazione fra cianogeno e ammoniacca in soluzione, poi per azione dell'acido cianico sull'ammoniaca, è altrettanto vero che l'abbandono del vitalismo in chimica richiese ulteriori decenni.*

*La corrente filosofica vitalista si esprimeva in chimica nell'assunto secondo cui le sostanze organiche si distinguevano da quelle inorganiche perché esse potevano formarsi solo nei viventi, in virtù della vis vitalis, una forza vitale solo da essi posseduta. Anche l'illustre chimico J. J. Berzelius, cui si deve il nome chimica organica alla branca della chimica prima chiamata chimica dei corpi organizzati fu sostenitore dell'ipotesi vitalista fino alla morte. Lo stesso Wöhler e il suo contemporaneo J. Liebig, pur nutrendo molti dubbi, non si pronunciarono mai esplicitamente contro il vitalismo.*

*Il declino del vitalismo cominciò dopo il 1845, anno in cui H. Kolbe pubblicò la sintesi dell'acido acetico a partire dalle sostanze inorganiche solfuro di carbonio e cloro. Questa è anche considerata la prima sintesi totale di un composto organico poiché il solfuro di carbonio si ottiene per reazione fra carbonio e zolfo.*

*L'articolo ripercorre le tappe di questo percorso esaminando gli scritti originali di alcuni protagonisti.*

**Abstract**

*Most general chemistry and organic chemistry textbooks describe Friedrich Wöhler's synthesis of urea as the moment when modern organic chemistry was born, coinciding with the abandon of the idea that organic compounds could only be synthesized by animals and plants. While it is true that urea was first obtained by Wöhler in 1828 as a byproduct of the conversion of ammonium cyanate by reaction between cyanogen and ammonia in solution, then by action of cyanic acid on ammonia, it is equally true that the vanishing of vitalism in chemistry required further decades.*

*The vitalism philosophic doctrine was expressed in chemistry in the assertion that organic substances were different from inorganic ones because they could only be formed in living by virtue of their vital force. Even the famous chemist J. J. Berzelius, who first named organic chemistry the branch of chemistry before known as chemistry of organized bodies, was supporter of the vitalistic hypothesis until his death. The same Wöhler and his contemporary J. Liebig, despite having many doubts, never explicitly pronounced against vitalism.*

*The decline of vitalism took place after 1845, when H. Kolbe published the synthesis of acetic acid from inorganic sulphurous carbon and chlorine substances. This is also considered the first total synthesis of an organic compound since carbon sulphide is obtained by reaction of carbon and sulfur. The present article explores the main stages of this path by examining the original papers of some who were protagonists.*

Quando insegnavo chimica fisica al secondo anno per CTF all'Università di Bologna, le prime due ore del corso le dedicavo a un breve percorso storico da Lavoisier all'ingresso della meccanica quantistica nella chimica. Affermavo che la nascita della chimica organica come disciplina separata dalla chimica generale e inorganica si poteva far risalire al 1828 con la sintesi di Wöhler (1800-1882) del composto organico urea a partire da due composti inorganici, anidride carbonica e ammoniaca ( $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ).

In realtà le cose andarono in maniera diversa, anche se la sintesi dell'urea è proprio dovuta a Wöhler, prima come sottoprodotto dell'interconversione del cianato d'ammonio per reazione fra cianogeno e ammoniaca in soluzione, poi per azione dell'acido cianico sull'ammoniaca e anche per reazione fra soluzioni di cianato d'argento e cloruro di ammonio o cianato di piombo e ammoniaca. Tutto ciò è descritto in dettaglio, insieme alla caratterizzazione della sostanza ottenuta nell'articolo del 1828 [1]. Lo storico W.H. Warren [2] sostiene che il primo composto organico a essere sintetizzato non fu l'urea, bensì l'acido ossalico quattro anni prima sempre da Wöhler.

L'articolo del 1828 infatti inizia così:

*“In una breve comunicazione precedente, pubblicata nel Volume III degli [di questi] Annalen, ho affermato che dall'azione del cianogeno sull'ammoniaca liquida [acquosa], oltre a numerosi altri prodotti, si ottengono acido ossalico e una sostanza bianca cristallizzabile, che non è certamente cianato di ammonio, ma che si ottiene sempre quando si cerca di preparare il cianato di ammonio combinando acido cianico con ammoniaca.... Il fatto che... queste sostanze sembrano cambiare la loro natura, e dare origine a un corpo diverso, ha attirato di nuovo la mia attenzione su questo argomento, e la ricerca ha dato il risultato inaspettato che dalla combinazione di acido cianico con ammoniaca si forma urea... un fatto notevole in quanto fornisce un esempio di produzione artificiale di una cosiddetta sostanza animale organica, a partire da materiali inorganici.” [1].*

In effetti nel 1824, Wöhler aveva descritto la sostanza bianca cristallizzabile in una comunicazione in svedese [3], poi tradotta in tedesco l'anno successivo negli Annalen [3], il che fa dire a W.H. Warren che la data della prima sintesi dell'urea dovrebbe essere il 1824 piuttosto che il 1828 [2].



**Friedrich Wöhler**

Va anzitutto ricordato che nel XVIII e XIX secolo, il vitalismo, corrente di pensiero basata sulla convinzione che gli organismi viventi sono fondamentalmente diversi dalle entità non viventi, perché contengono un “elemento” non fisico o sono governati da principi diversi da quelli inanima-

ti, dominava ancora in campo filosofico e scientifico. Questo “elemento” veniva talvolta chiamato scintilla o forza o impulso vitale, che alcuni volevano poi identificare con l’anima.

In chimica il vitalismo si esprimeva nell’assunto secondo cui le sostanze organiche si distinguevano da quelle inorganiche perché esse potevano formarsi solo nelle piante e negli animali, in virtù di una forza vitale (la *vis vitalis*) posseduta solo dai viventi, ed era ancora il pensiero dominante nei primi decenni del XIX secolo. Sicché il numero di composti organici noto all’epoca era limitato, perlopiù ricavati da prodotti vegetali. Al chimico svedese Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) si deve la denominazione “chimica organica” al posto di “chimica dei corpi organizzati”, ancora in uso nel primo decennio dell’800, tuttavia Berzelius fu fautore e sostenitore dell’ipotesi vitalista.

Fra il 1823 e il 1824 Wöhler si recò da Berzelius a Stoccolma e lavorò per un anno sotto la sua guida, cosicché nel contempo fra i due si stabilì un forte legame.

In una lettera a Berzelius, dopo gli esperimenti con cianogeno e ammoniaca, Wöhler scrive:

*Non posso, per così dire, tenere acqua in bocca e devo dirvi che posso ottenere urea senza bisogno di reni, o comunque, di qualsiasi altra parte animale, sia essa umana o di cane. [4]*

Il che dimostra quanto egli fosse ben consapevole dell’importanza della sua scoperta e doveva esserlo pure Berzelius che risponde:

*Come gemme preziose, l’alluminio<sup>1</sup> e l’urea artificiale - due cose molto diverse che si trovano così vicine - sono state intrecciate nella tua corona d’alloro. . . . . Certamente avete fatto una scoperta importante e meravigliosa e non riesco a trovare parole per descrivere il mio piacere di apprendere.... Le teorie future potranno certamente trovarlo un fatto molto illuminante. [4].*

Il mito da sfatare è però quello per cui la chimica organica iniziò a svilupparsi (abbandonando il vitalismo) subito dopo il lavoro di Wöhler. Kauffman e Chooljian [5] fanno notare che, così come per l’ipotesi di Avogadro, ci vollero circa 50 anni affinché tutte le implicazioni della scoperta fossero riconosciute e il vitalismo abbandonato.

In effetti, nell’ultima parte del suo lavoro Wöhler osserva che il cianato d’ammonio e l’urea hanno la stessa composizione centesimale e che questo fatto si verifica anche nel caso dell’acido cianico e di quello fulminico, come pure dell’etilene e del butilene di Faraday [1]. Egli aggiunge che non vuole comunque indulgere su questo fenomeno poiché saranno necessari ulteriori esperimenti su molti casi simili prima di dedurne una legge generale [1].

---

1. Wöhler isolò per primo l’alluminio metallico nel 1827.

A molti chimici della prima metà dell'800 sembrava più importante trovare una spiegazione del fatto che due composti con la stessa composizione avessero proprietà diverse che non la sintesi dell'urea come inizio di una nuova era della chimica organica.

In tal senso alcuni interpretano la risposta di Berzelius a Wöhler. In effetti non risulta che Berzelius abbia mai in qualche modo rifiutato l'ipotesi della vis vitalis e lo stesso Wöhler è molto cauto in proposito. Più in generale, torna utile la riflessione dello storico Caneva [6]:

*Fino alla fine degli anni '30 il ruolo della forza vitale in chimica incontrò una scarsa critica esplicita .... Il dibattito su questo tema è cambiato radicalmente nel corso degli anni quaranta: da una parte il crescente consenso per cui tutti i processi materiali dovrebbero essere spiegati in termini di cambiamento materiale e dalle normali leggi della chimica e della fisica che tolgono potenza esplicativa alle forze vitali; ... Inoltre, dalla fine degli anni '30 stava crescendo la critica metodologica alla Forza vitale come termine senza senso.*

Vale la pena ricordare che Berzelius si impegnò notevolmente sulle sostanze con uguale composizione e proprietà diverse, giungendo nel 1830 alla conclusione: *sotto la denominazione sostanze isomeriche io comprendo dunque quelle che con una composizione chimica simile e con lo stesso peso atomico, possiedono delle proprietà differenti* [7]

Alcuni chimici danno credito a Wöhler di aver convinto Berzelius a studiare quello che presto sarebbe stato chiamato isomerismo. Altri ritennero "accidentale" la sintesi dell'urea, sostiene invece Warren [2]:

*La verità è che Wöhler è stato un osservatore insolitamente attento e ci ha lasciato un lavoro sperimentale molto accurato. La sua importanza forse non consiste tanto nella sintesi stessa, quanto nella promessa che ha fatto di un nuovo orizzonte allargato per la chimica organica.* [3].

P. Cohen e S. Cohen [8] hanno trovato che il primo riferimento diretto che sostiene che il colpo finale al vitalismo fu dato dal lavoro di Wöhler si trova nel quarto volume della Storia della Chimica (1845), opera di Hermann Kopp [9]:

*Di particolare importanza per la chimica organica è stata la sua scoperta [di Wöhler] (1828) della produzione artificiale di urea. Questo è stato il primo esempio che una sostanza organica può essere prodotta attraverso solo mezzi chimici da materiali inorganici; Questa scoperta ha distrutto la differenza finora accettata tra corpi organici e inorganici, cioè i primi potendosi originare solo sotto l'influenza della vitalità vegetale o animale, mentre solo i secondi possono essere prodotti tramite artifici.* [9]

Justus von Liebig (1803-1873), considerato uno dei fondatori della chimica organica moderna, fu amico di Wöhler, insieme collaborarono a diverse ricerche fra cui la natura chimica dell'olio di mandorle amare tras



formandolo dapprima in composti alogenati e poi in successivi composti attraverso altre reazioni. Attraverso tutto questo, essi giunsero a stabilire che un determinato insieme di atomi (nello specifico chiamato benzoile) conserva invariata la sua composizione in quasi tutte le associazioni con altri corpi.

Nel 1838 Wöhler e Liebig [10] scrivono:

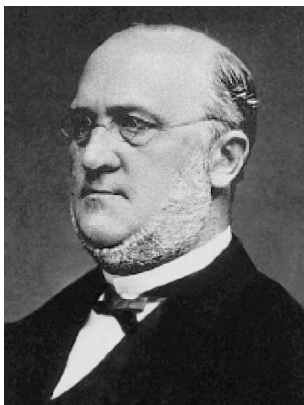
*La produzione di tutte le sostanze organiche non appartiene solo agli organismi viventi. Deve essere visto come non solo probabile, ma certo, che saremo in grado di produrle nei nostri laboratori... Naturalmente, non si sa ancora come farlo, perché non conosciamo ancora i precursori da cui nascono queste sostanze. Ma sta a noi scoprirlo.*

Liebig rimase però un vitalista anche quando i dubbi cominciarono ad attraversare la sua mente avvicinandosi a rivendicare il singolare significato di Wöhler nell'annunciare:

*La straordinaria e in parte inspiegabile produzione di urea senza l'assistenza di funzioni vitali per cui siamo in debito con Wöhler, considerando la sua scoperta come l'inizio di una nuova era per la scienza.[11]*

Liebig, tuttavia, non ha mai affermato direttamente che il vitalismo in chimica è decaduto a causa della sintesi di Wöhler.

Hermann Kolbe (1818-1884) considerato pure uno dei fondatori della moderna chimica organica, è colui al quale si deve probabilmente l'inizio della decadenza del vitalismo in chimica, in accordo con il già citato Caneva [6]. Kolbe promosse l'idea che i composti organici potessero essere ottenuti da sostanze chiaramente provenienti al di fuori dal "contesto organico", direttamente o indirettamente, mediante processi di sostituzione<sup>2</sup>.

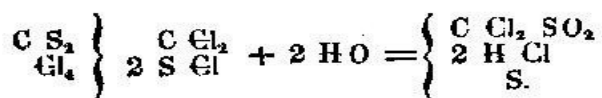


Hermann Kolbe

2. Nel linguaggio moderno per sostituzione si intende la conversione di una sostanza organica in un'altra, ma Kolbe intendeva "convertire" sostanze inorganiche in "organiche" cosa ritenuta possibile solo attraverso processi vitali



Fra il 1843 e il 1845 riuscì nell'intento ottenendo acido acetico partendo dalle due sostanze inorganiche solfuro di carbonio e cloro. La sintesi fu effettuata in diverse tappe in ciascuna delle quali Kolbe dovette identificare e stabilire la composizione degli intermedi. Nel 1845 comparve l'articolo [12], che riporta tutti i dettagli. Occorre tener conto che nel 1845 le formule e di conseguenza le equazioni soffrivano ancora della confusione fra atomo e molecola e la simbologia di Berzelius e Dumas era stata adottata da pochi anni, sicché ad esempio la reazione fra solfuro di carbonio e cloro e successiva idrolisi è così riportata da Kolbe [12]:



dove il trattino attraverso il simbolo sta a significare due atomi dell'elemento secondo la notazione di Berzelius.

In breve e semplificando, il tetracloruro di carbonio sotto l'azione di acqua e luce solare si trasforma in tetracloroetilene che reagendo con acqua e cloro fornisce acido tricloroacetico, dal quale si passa all'acido acetico per elettrolisi. A questo scopo, Kolbe [12] utilizzò due coppie di pile di Bunsen (zinco-carbone, 1,9 V l'una) e due lamine di amalgama di zinco come elettrodi. Al catodo, l'idrogeno allo stato nascente forma acido cloridrico con il cloro dell'acido tricloroacetico e va a sostituirlo formando acido acetico. All'anodo l'ossigeno non si sviluppa allo stato elementare, ma si combina con lo zinco dell'amalgama. La fase finale della reazione nella simbologia odierna è:



In effetti la reazione di Kolbe è il primo esempio di sintesi totale di un composto organico. Infatti il tetracloroetilene si ottiene dal tetracloruro di carbonio, il quale a sua volta si forma per alogenazione del solfuro di carbonio e quest'ultimo si può preparare per combinazione diretta degli elementi [13, p.177-179].

La sintesi dell'acido acetico di Kolbe è una dimostrazione inequivocabile che un composto organico può essere ottenuto dai suoi elementi costitutivi senza l'intermediazione di un organismo vivente, come ne è ben consapevole l'autore [12]:

*Se ammettiamo questi fatti semplici, ne risulta che l'acido acetico, finora conosciuto solo come prodotto dell'ossidazione delle materie organiche, può anche essere formato sinteticamente dai suoi elementi.*

Kolbe è stato un chimico organico a tutto tondo, a lui si devono concetti e termini come isomeria e sintesi. Predisce teoricamente l'esistenza di alcoli primari, secondari e terziari, previsione poi confermata dalla sintesi dei pri-

mi tre termini di queste serie. Fu fra i primi a sfruttare l'elettrolisi in chimica organica, sintetizzò l'acido salicilico attraverso un processo noto come reazione di Kolbe-Schmitt. La sua fama si appannò quando, ormai anziano, rigettò con inaudita veemenza la stereochimica di Vant'Hoff:

*...opera di pseudo ricercatori, nuovamente messa in circolazione dalla soffitta destinata alla raccolta dei rifiuti della mente umana. Abbigliata questa 'cocotte' con abiti alla moda, e copertole il volto di cipria e rossetto, essi vorrebbero condurla in un ambiente per bene nel quale non vi è posto per lei.*[14, p. 249-250]

Secondo lo storico Alan J. Rocke [18], biografo di Kolbe, neppure il lavoro del 1845 segnò la fine del vitalismo in chimica, il suo inevitabile declino fu dovuto alla sintesi di un sempre maggior numero di composti organici anche non contenuti nei viventi, insieme allo sviluppo di nuovi metodi di sintesi organica a partire dagli anni '50 del XIX. Grazie anche ai contributi di Kolbe, A.F. Kekulé (1829-1896) nel 1859 poté affermare: *"Noi definiamo chimica organica la chimica dei composti del Carbonio"* [14, p.191].

A tutt'oggi i composti organici noti sono più di 10 milioni e il loro numero continua ad aumentare grazie al lavoro dei chimici organici sintetisti.

### **Nota finale**

Nonostante quanto detto finora, l'analisi di 35 testi di Chimica Organica, ha mostrato che il "mito di Wöhler" è ancora ben radicato, probabilmente a causa della maggiore notorietà di Wöhler ma anche al fatto che se è pur vero che la sintesi dell'urea non decretò la fine del vitalismo, iniziò comunque a far sorgere qualche dubbio in alcuni chimici [8].

Con ogni probabilità gli studenti di oggi, messi di fronte alle questioni qui sollevate, non ne avvertiranno immediatamente l'importanza ma se qualche insegnante di laboratorio volesse impostare un'esercitazione pratica sulla sintesi di Wöhler, forse cambierebbero idea. Non mancano in letteratura ottimi spunti [15-17] per agevolare l'impresa.

### **Ringraziamenti**

L'autore desidera ringraziare il prof. Marco Taddia dell'Università di Bologna, per i puntuali suggerimenti e commenti forniti durante la stesura del presente articolo.

### **Bibliografia**

- [1] F. Wöhler, Ueber künstliche Bildung des Harnstoffs, *Annalen der Physik und Chemie*, **1828**, 87, 253–256; Engl. Trad: On the Artificial Production of Urea, <http://www.chemteam.info/Chem-History/Wohler-article.html>
- [2] W.H. Warren, Contemporary Reception of Wöhler's Discovery of the Synthesis of Urea, *J. Chem. Educ.*, **1928**, 5, 1539-1552.

- [3] F. Wöhler, "Om några fööreningar af Cyan," Kongl. Vetens. Akad. Handl., **1824**, 328; trad tedesca: Ueber Cyan-Verbindungen, *Annalen der Physik und Chemie*, **1825**, 79, 177-182.
- [4] Wallach, O. (Ed.). Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler; Leipzig, 1901, Vol. 1; reprinted Hausdruckerei Dr. Martin Sändig: Wiesbaden, 1966; pp 205–208. V. anche:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/W%C3%B6hler\\_synthesis](https://en.wikipedia.org/wiki/W%C3%B6hler_synthesis)
- [5] G. B. Kauffman, S. H. Chooljian, Wöhler's Urea Synthesis: A modern version of a classic experiment., *J. Chem Educ.*, **1997**, 74, 1493.
- [6] Caneva, K. L., Robert Mayer and the Conservation of Energy; Princeton University: Princeton NJ, 1993; p 80.
- [7] C. Fiorentini, E. Aquilini, D. Colombi, A Testoni, Leggere il mondo oltre le apparenze. Per una didattica dei concetti fondamentali della chimica. Armando Editore, Roma, 2007, p. 383
- [8] P. S. Cohen, S. M. Cohen, Wöhler's Synthesis of Urea: How Do the Textbooks Report It?, *J. Chem. Educ.*, **1996**, 73, 883-886.
- [9] H. Kopp, Geschichte der Chemie, Vol. 1; Druck und Verlag von Friedrich Bieweg und Sohn: Braunschweig, 1843; p 442.
- [10] Wöhler, J. Liebig, Untersuchungen über die Natur der Harnsäure, *Ann. Pharm.*, **1838**, 26, 241-241-336.
- [11] J. Liebig, Notes and Abstracts of Commun. to the Br. Assoc. Adv. Sci. 1837, 38, citato da Warren [3]
- [12] H. Kolbe, Beiträge zur Kenntnifs der gepaarten Verbindungen, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, **1845**, 54, 146-181.; Engl. Transl. Contributions to the knowledge of conjugate compounds, *Phil. Mag.*, **1845**, 27S.3:179, 171-177. <http://dx.doi.org/10.1080/14786444508645252>
- [13] M. Giua, Storia della Chimica. Dall'alchimia alle dottrine moderne, Chiantore, Torino, 1946, p. 177-179.
- [14] citazione da: J.I. Solov'ev, L'Evoluzione del Pensiero Chimico. Dal '600 ai giorni nostri. EST, Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori, Milano, 1976.
- [15] J. Gibson, A Simple Demonstration of Wöhler's Experiment, *J. Chem. Educ.*, **1996**, 73, 539
- [16] S. Tanski, J. Petro, David W. Ball, The Synthesis of Urea: An Undergraduate Laboratory Experiment, *J. Chem. Educ.*, **1992**, 69, A129.
- [17] G. B. Kauffman, S. H. Chooljian, Wöhler's Urea Synthesis: A modern version of a classic experiment., *J. Chem Educ.*, **1979**, 56, 197-200.
- [18] A. J. Roche, The Quiet Revolution. *Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry*, University of California Press, Berkeley, 1993, p. 60. Disponibile in internet (sola lettura):  
<http://publishing.cdlib.org/ucpressebooks/viewdocId=ft5g500723&brand=ucpress>



## Science on Stage Europe un network di idee

Paola Ambrogi\*, Giorgia Messori\*\*

\*IIS “L.Nobili” Reggio Emilia - paola.ambrogi@istruzione.it

\*\*ITIS “E.Fermi” Modena - messori.giorgia@fermi.mo.it

Science on Stage Europe (SonS Eu) lancia un nuovo appello per gli insegnanti di materie scientifiche che credono che lo studio delle scienze rappresenti un prezioso contributo per aiutare i giovani ad affrontare al meglio i cambiamenti socio-economici, per sviluppare la loro capacità di partecipare attivamente alla società, favorire l'emancipazione, l'equità e l'inclusione sociale. Infatti dal 31 ottobre al 3 novembre 2019 si terrà a Cascais, in Portogallo, il festival di Science on Stage Eu. Questa iniziativa permette di presentare in una fiera europea, i progetti didattici innovativi che coinvolgono svariate discipline di indirizzo scientifico identificate con l'acronimo STEM derivante dal nome delle materie a cui si riferisce: Science, Technology, Engineering and Mathematics. Vediamo in breve la storia di questa associazione.

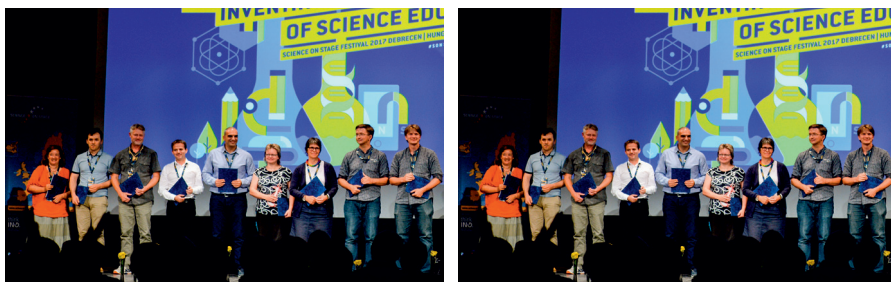
Science on Stage nasce nel 2000 da Physics on Stage. La sua finalità è la promozione dello scambio di buone pratiche di insegnamento e di idee innovative nel campo della didattica delle scienze attraverso il dibattito ed il confronto tra insegnanti. Ossia sviluppa e promuove iniziative didattiche con e per gli insegnanti di discipline scientifiche. Dal 2000 al 2008 SonS ed il suo festival sono stati supportati da EIRO forum (una organizzazione europea intergovernativa) e dalla Commissione Europea. Successivamente, nel 2011, SonS è diventata Science on Stage Europe ed è stata registrata come associazione senza scopo di lucro con sede a Berlino.

SonS Eu promuove l'insegnamento delle scienze e della tecnologia motivando e aggiornando gli insegnanti delle scuole dei diversi ordini e gradi, attraverso una piattaforma Europea per la condivisione di idee, lo sviluppo di contenuti e la produzione e diffusione di materiale didattico. Dunque una vera e propria rete europea di insegnanti di discipline scientifiche. Attualmente è stimato che SonS Eu, raggiunga circa 100.000 insegnanti STEM nei 30 paesi, tra cui l'Italia, che ne sono membri e che coordina. Il miglioramento dell'insegnamento STEM dovrebbe incoraggiare un numero sempre maggiore di studenti a prendere in considerazione una carriera nel campo della scienza o della ingegneria. I dati sono incoraggianti visto che circa l'80% dei partecipanti a Science on Stage ha attuato nelle proprie classi le idee presentate al festival e circa il 50% ha incorporato i concetti di Science on Stage in corsi di formazione [1].

Science on Stage Europe ha una struttura bottom-up. La base è la comunità scientifica di SonS nei diversi paesi partecipanti. Ogni paese ha un comitato direttivo nazionale o National Steering Committee (NSC). I rappresentanti dei diversi NSC eleggono il Comitato Esecutivo (Executive Board) che è supportato da esperti e dall'ufficio di Science on Stage Europe.

SonS Eu organizza diverse attività a cui possono partecipare i docenti di tutti i paesi membri. Tra le principali iniziative ci sono: “Eventi nazionali” e “Workshop” nei singoli paesi, “Teacher Trainings”, “Teacher Exchange” e “Joint Projects” a livello nazionale ed internazionale e il “Festival”, o fiera, internazionale che si svolge ogni due anni. Durante questi eventi i docenti hanno modo di conoscersi, condividere idee, individuare obiettivi didattici strategici e creare gruppi di lavoro per la realizzazione e sperimentazione di materiale didattico ed esperienze pratiche che possono essere divulgate nei singoli paesi mediante lo svolgimento delle attività elencate.

Il festival internazionale Science on Stage è la vetrina delle più significative attività svolte nelle diverse nazioni. Il festival è organizzato congiuntamente dall' European Festival Programme Committee e da un National Organising Committee. I festival biennali di SonS Eu sono gli eventi più clamorosi per la qualità dei progetti selezionati e l'afflusso internazionale di docenti. La prima edizione di Science on Stage Europe si è svolta a Copenaghen nel 2011, la seconda edizione nel 2013 a Slubice (Polonia), e poi a seguire Londra (Queen Mary University) nel 2015. L'ultima fiera si è svolta a luglio dello scorso anno a Debrecen (Ungheria) ed aveva come tema “Inventing the Future of Science Education”. La delegazione Italiana ha partecipato con dodici progetti di cui quattro di chimica. La professoressa Anna Maria Lisotti, insieme al collega portoghese Baptista Rui, hanno vinto il premio della giuria nel settore Joint Project con il progetto Future Materials in science education; Alessandro Foschi, con il progetto Science Smart Kit ha avuto una segnalazione di merito così come i colleghi chimici Francesca Butturini e Gordon Kennedy con il progetto Rise and Shine: Chemistry at Breakfast Time, Italian Versus English Style.



Alcuni momenti di una passata edizione della fiera di SonS Eu.

I poster dei progetti che hanno partecipato sono disponibili alla pagina web <http://www.science-on-stage.it/edizioni/sos2017/sos2017.htm>.

L'efficacia e la ricaduta formativa per i partecipanti ai festival è stata certificata da enti esterni internazionali e testimoniata da numerose iniziative sorte negli stati partecipanti, tra le quali scambi di insegnanti, workshop, meeting e diversi progetti.

Oltre a ciò, uno dei punti di forza di Science on Stage è stato e sarà in futuro la produzione di materiale didattico organizzato, preparato e condiviso da insegnanti provenienti da differenti stati europei. iStage è l'ultima di queste creazioni; le risultanti unità didattiche prodotte sono raccolte in tre pubblicazioni scaricabili gratuitamente e sono "iStage: Information and Communications Technology in Science Teaching", "iStage 2: Smartphones in Science Teaching", "iStage 3: Football in Science Teaching". L'obiettivo cardine rimane quello di promuovere l'insegnamento delle STEM partendo da argomenti accattivanti e multidisciplinari; di motivare gli insegnanti a sperimentare, formarsi e condividere le proprie esperienze per incoraggiare sempre più studenti ad orientarsi verso studi a carattere scientifico.

Ad esempio "iSTAGE 3: Football in Science Teaching" è una raccolta di dodici unità didattiche ispirate al gioco del calcio, tema coinvolgente e capace di riscuotere l'interesse di tanti studenti. Il gioco del calcio offre infatti la possibilità di trattare molti argomenti interdisciplinari: dalle regole del gioco di squadra agli aspetti relativi alla salute e all'attività fisica del giocatore, dalla gestione sostenibile dal punto di vista ambientale dell'organizzazione di un importante evento sportivo alle nuove tecnologie applicate alla rilevazione del gol. Le unità didattiche di questo volume trattano tematiche legate alla biologia, alla chimica, alla matematica, alla fisica, all'informatica e alla ingegneria.

Alla realizzazione dell'opera, disponibile online e in diverse lingue, hanno preso parte 20 docenti provenienti da 15 paesi europei i quali hanno progettato e testato le unità presenti nella raccolta, coordinati da un gruppo di insegnanti di Science on Stage Deutschland.

Anche l'Italia era rappresentata ed ha contribuito alla realizzazione di diverse unità didattiche tra cui "Stamping of the Carbon Footprint" svolta con il proposito di sensibilizzare gli studenti al problema della impronta ecologica prodotta da un evento sportivo come gli Europei di calcio 2016.

Per favorire l'implementazione delle attività descritte, SonS Eu propone diverse iniziative e per restare aggiornati si consiglia di visitare i seguenti siti:

\* il portale internazionale del Progetto; <http://www.science-on-stage.eu/>

\* la sezione italiana del portale internazionale; <http://www.science-on-stage.eu/page/display/2/2/89/IT/Italy>



\* l'area di Facebook della Comunità di Science on Stage Italia



Presentazione il 2/06/2016 a Bruxelles del volume iStage3

Il Comitato Nazionale di SonS selezionerà i progetti degli undici delegati italiani che parteciperanno all'evento europeo per la sezione Fiera e segnalerà le proposte per gli workshop o per le presentazioni sul palcoscenico. Il tema sarà "Skills for the Future" e le domande di partecipazione andranno presentate entro il 31 gennaio 2019 nelle modalità indicate dal bando, non rimane mettersi in gioco e buon SonS 2019!

## Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica

### *XVII Convegno Nazionale*

Marco **Taddia**

*Presidente del GNFS*

marco.taddia@unibo.it

Il XVII Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica si è svolto a Roma, nella Sala Conferenze della Biblioteca dell'Accademia dei XL, ubicata nelle cosiddette "Scuderie Vecchie" di Villa Torlonia, nel cui "Villino Rosso" ha sede l'Accademia. A partire dalla sua fondazione (1986), il Gruppo ha mantenuto un rapporto privilegiato con l'Accademia. È noto che l'allora Presidente della medesima, il Prof. Giovanni Battista Marini Bettòlo (1915-1996), fu anche il primo Presidente del Gruppo. La sede legale del GNFS è tuttora presso l'Accademia e questa, attraverso i suoi Presidenti, non ha mai cessato di appoggiare le attività del Gruppo in vari modi, a partire dalla stampa degli Atti Congressuali. Per quanto riguarda il XVII Convegno, grazie alla cortesia della Prof.ssa Emilia Chiancone, abbiamo potuto usufruire dell'ospitalità dell'Accademia e di un supporto organizzativo di prim'ordine.

L'apertura dei lavori è avvenuta nella mattinata del 10 ottobre e, dopo i saluti di circostanza recati dalla Presidente dell'Accademia e da chi scrive, il Prof. Massimo Bucciantini (Università di Siena) ha tenuto la *Lectio-Magistralis* dal titolo "Riforma protestante e nuova scienza". Nel 2017 ricorrevano infatti i 500 anni dalla Riforma e al Comitato Scientifico del Convegno è parso interessante approfondirne le ripercussioni sulla "nuova scienza". Al centro dell'intervento di Bucciantini ci sono state le reazioni del mondo protestante, ovvero dei suoi filosofi e scienziati alla "nuova scienza" e specialmente, per quanto riguarda i padri della Riforma protestante, alla cosmologia di Copernico.

La seduta pomeridiana ha visto la celebrazione del 150° anniversario della nascita di Maria Skłodowska Curie (Varsavia, 1867 – Passy, 1934), prima donna a conseguire il dottorato in fisica alla Sorbona, prima a vincere il Premio Nobel per la Fisica nel 1903, prima a fare il bis con quello per la Chimica (1911), prima a salire in cattedra alla Sorbona e ad essere ammessa all'Accademia di Francia. Celebre per le sue ricerche sulla radioattività, a lei si deve la scoperta, insieme al marito Pierre, del polonio e del radio.

Luigi Dei, chimico e rettore dell'Università di Firenze, ha tenuto la relazione su invito dal titolo "La vita e le opere di Marie Curie nel 150° dalla nascita". Il suo contributo ha reso omaggio alla duplice eredità che ci ha lasciato: la forza della razionalità scientifica contro l'oscurantismo delle credenze e l'uguaglianza di genere. L'uditorio ha potuto rivivere gli aspetti

più salienti della vita di Marie Curie, apprezzarne l'opera scientifica e riflettere sugli aspetti socio-culturali e di costume di un'epoca che tumultuosamente stava, nel bene e nel male, trasformandosi. Sono seguite le comunicazioni su varie tematiche legate all'argomento, anche di tipo applicativo.

Le sessioni delle giornate successive erano intitolate rispettivamente: “Fondamenti, scoperte e teorie”, “Scuole, tecnologie e dintorni” e “Origini, personaggi e luoghi della chimica”. Le relazioni su invito delle prime due sessioni citate sono state tenute dal Prof. Vincenzo Aquilanti (Università di Perugia, Accademico dei XL e Linceo) e dal Dott. Franco Calascibetta (La Sapienza – Roma).

Aquilanti ha parlato su “Fondamenti e ruolo centrale della chimica nel panorama delle scienze moderne”, mentre Calascibetta ha rievocato la figura di Vincenzo Caglioti (1902-1998) mettendo in luce il suo ruolo nella chimica romana e nazionale negli anni della ricostruzione post-bellica.

La relazione di Aquilanti ha segnato il ritorno alla ribalta congressuale dei Fondamenti della Chimica, un tema che il bilancio della riforma universitaria entrata in vigore con il Decreto 270/2004 rendeva più che mai attuale. Quella di Calascibetta, attenta alla storia più recente, è servita anche a dimostrare, con l'abituale competenza, che il respiro culturale del Gruppo si espande ben oltre la chimica antecedente il secolo XX. Dopo le relazioni su invito, i partecipanti, provenienti dall'Università, dalla Scuola Superiore e dall'Industria, hanno potuto ascoltare un'altra ventina di comunicazioni su temi tradizionali di storia della chimica e delle tecnologie chimiche, antiche e moderne, accuratamente selezionate dal Comitato Scientifico.



**Figura 1**

L'ampio spettro delle ricerche presentate ha dimostrato, ancora una volta, la vitalità di questo genere di studi nel nostro Paese.

Gli Atti per esteso del Convegno, pubblicati ancora una volta con il contributo determinante dell'Accademia ne daranno conferma.

Si può concludere che grazie all'encomiabile impegno del Comitato Organizzatore, i convegnisti riuniti nelle “Scuderie” hanno potuto dedicarsi, in atmosfera amichevole e nell'incantevole cornice del parco di Villa Torlonia (Figura 1), alle cure della storia della chimica, con l'attenzione che merita tale disciplina.

### Gestione del rischio

La progressiva implementazione del Regolamento REACH ha spostato il focus delle imprese dalla fase di registrazione (deadline 2010 e 2013) alla fase di attuazione delle misure di "gestione del rischio" che l'utilizzatore a valle riceve attraverso lo Scenario di Esposizione previsto, in alcuni casi, dalla Registrazione REACH.

La gestione delle informazioni ricevute attraverso lo Scenario di Esposizione e gli obblighi derivanti, costituisce, in questa fase di attuazione del Regolamento, la principale preoccupazione in capo all'utilizzatore a valle, che incontra diverse difficoltà nell'adempimento dei propri obblighi, rese particolarmente rilevanti nella realtà italiana costituita da una prevalenza di imprese chimiche di piccole e medie dimensioni.

Tra le maggiori difficoltà riscontrate dagli utilizzatori a valle vi sono:

1. complessità;
2. voluminosità;
3. struttura non standardizzata degli Scenari Espositivi;
4. divergenze tra le diverse versioni delle linee guida dell'ECHA specifiche sull'argomento; varie logiche di valutazione con cui è stato redatto dal Registrante lo Scenario Espositivo, rispetto a quelle applicate nella valutazione dei rischi (ex D.Lgs. 81/2008).



Per questo motivo, Federchimica in collaborazione con ENEA, l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ha realizzato il documento *"Aspetti critici e commenti sulla valutazione e gestione degli Scenari Espositivi per quanto attiene l'esposizione dei Lavoratori"*.

La pubblicazione, che riporta in maniera oggettiva le difficoltà di gestione delle informazioni derivanti dagli Scenari Espositivi, è a disposizione online con l'auspicio che possa fornire alcuni spunti utili a tutte le parti in causa, compresi gli Organi di Vigilanza, così da rendere consapevoli tutti i soggetti coinvolti che la lunga fase transitoria in cui ci troviamo, e ci troveremo, comporta ancora aspetti non completamente attuati e che necessiteranno di tempo per un completo adeguamento.

### **Giornata Nazionale Sicurezza Salute Ambiente**

La Giornata Nazionale Sicurezza Salute Ambiente, istituita per promuovere l'impegno dell'industria chimica e farmaceutica sui temi della salute, sicurezza e ambiente, ha una valenza fondamentale per le Parti sociali del settore (Federchimica, Farindustria, Filctem Cgil, Femca Cisl, Uiltec Uil).

L'edizione 2017 della Giornata fa seguito a due importanti accordi conseguiti nell'ambito delle Relazioni industriali del comparto: il Patto a favore di sviluppo, occupazione e benessere, siglato il 17 ottobre e il Documento condiviso nell'ambito del Seminario congiunto del 30 e 31 ottobre scorso.

Tutte iniziative che testimoniano la positività del modello di Relazioni industriali partecipative, in cui la Responsabilità sociale, con particolare riferimento ai temi relativi a SSA e al welfare contrattuale, è un obiettivo prioritario, perseguito con elevati investimenti in ricerca e innovazione, indispensabili per la competitività delle imprese e l'occupazione.

Lo confermano i dati di settore, con importanti risultati in termini di riduzione degli indici di frequenza e gravità degli infortuni sul lavoro e malattie professionali, nonché di riduzione dell'impatto ambientale lungo l'intero ciclo di vita del prodotto.

Nell'ambito della Giornata è stato assegnato il **Premio "Migliori esperienze aziendali"** per iniziative condivise a livello aziendale sui temi della tutela della sicurezza e della salute sul luogo di lavoro, del rispetto dell'ambiente e, più in generale, in materia di welfare contrattuale.

La giuria, composta dai rappresentanti di parte datoriale e sindacale, ha assegnato il riconoscimento a Bayer, Italmatch Chemicals e Gruppo Menarini, con seguenti motivazioni:

#### **Bayer**

Per l'attenzione dimostrata per una migliore conciliazione tra esigenze personali e professionali, sperimentando modelli di flessibilità organizzativa

condivisi funzionali sia agli spostamenti dei lavoratori sia al miglioramento della produttività e della tutela dell'ambiente.

### **Italmatch Chemicals**

Per l'impegno profuso per lo sviluppo di un'impresa responsabile che pone particolare attenzione alle tematiche della sicurezza, della salute e della tutela dell'ambiente, con il coinvolgimento consapevole e attivo dei lavoratori e dei loro rappresentanti.

### **Gruppo Menarini**

Per l'impegno congiunto delle Parti aziendali per lo sviluppo della cultura di responsabilità sociale dell'impresa, in particolare attraverso le politiche di welfare contrattuale e la formalizzazione di un modello partecipativo a livello di Gruppo per la condivisione delle tematiche SSA.





## **Un progetto di alternanza scuola-lavoro sull'antisofisticazione agro-alimentare**

**Valentina Domenici**

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, via Moruzzi 13,  
56124 Pisa.

E-mail: [valentina.domenici@unipi.it](mailto:valentina.domenici@unipi.it)

E' in corso un progetto coordinato dall'Ufficio Scolastico Provinciale di Livorno (patrocinato dalla Regione Toscana) rivolto alle scuole secondarie di II grado, in particolare alle classi del triennio, per sensibilizzare gli studenti alla tematica delle sofisticazioni alimentari. Il percorso formativo ha visto la partecipazione di dieci istituti, tra Licei, Istituti professionali (indirizzi agrario e alberghiero) e Istituti tecnici, distribuiti in tutta la Provincia di Livorno, e prevede una serie di incontri e attività didattiche, comprese attività di *alternanza scuola-lavoro*.

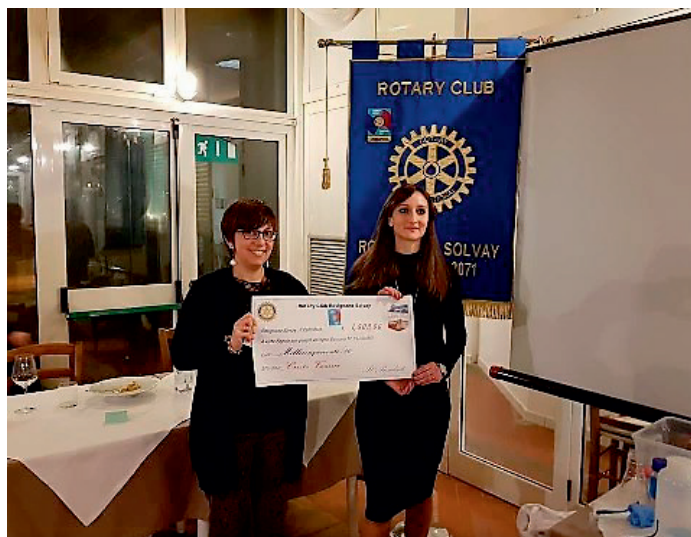
Il percorso formativo intitolato "L'antisofisticazione agro alimentare" comprende interventi da parte di esperti della Guardia di Finanza e del nucleo dei NAS dell'Arma dei Carabinieri, Coldiretti, UNI-COOP Tirreno, FareAmbiente e del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa. Oltre ad affrontare aspetti normativi, legislativi, ambientali e culturali, gli studenti potranno scoprire come la chimica può essere di grande aiuto a rivelare le frodi alimentari. Sarà importante infatti che gli studenti comprendano che la conoscenza della composizione chimica e delle proprietà chimico-fisiche dei prodotti agro-alimentari è fondamentale anche per individuare eventuali adulterazioni e sofisticazioni.

Il progetto si concluderà il 5 aprile 2018, presso il Teatro Solvay di Rosignano Solvay, dove gli studenti mostreranno i loro lavori in un workshop aperto alla cittadinanza.

### **Quarta edizione della borsa di studio "Didattica della Chimica per Rosignano"**

Per il quarto anno consecutivo il **Club Rotary Rosignano Solvay** insieme al Museo di Storia Naturale di Rosignano gestito dall'Associazione '**Amici della Natura Rosignano**', ha finanziato una borsa di studio da 1500 euro, intitolata "**Didattica della Chimica per Rosignano**". La borsa, destinata ad un giovane neolaureato in discipline scientifiche, viene ogni anno assegnata sulla base del curriculum e di una proposta di attività didattiche riguardanti la chimica, che deve avere ricadute sulle scuole del Comune di Rosignano Marittimo e dei territori limitrofi.

Quest'anno la borsa è stata assegnata a Vanessa Cresta, laureata in chimica industriale con 110 e lode nel febbraio 2016, con già esperienze di didattica nelle scuole superiori e in ambito museale. Il suo progetto è intitolato “*Ne vedrete di tutti i colori!*” ed è stato articolato in modo da poter essere sviluppato sia nelle scuole secondarie di I che di II grado. Ad oggi hanno aderito al progetto diverse classi del Liceo di Scienze Applicate “E. Mattei” di Rosignano Solvay e altrettante del Liceo Scientifico “E. Fermi” di Cecina. Grazie anche alla presenza nelle due scuole di laboratori didattici attrezzati, il progetto potrà essere realizzato pienamente. Il percorso didattico, infatti, prevede una serie di attività laboratoriali sul tema del colore, esplorando la chimica dagli elementi ai pigmenti, sintetici e di origine naturale, e utilizzando il fascino del colore per affrontare argomenti importanti come le reazioni chimiche, l'emissione e l'assorbimento di luce da parte delle sostanze e alcune loro proprietà chimico-fisiche. Il progetto è stato presentato nel corso di una cerimonia (Figura 1) durante la quale è stato anche organizzato un laboratorio dimostrativo.



**Figura 1:** Consegna della borsa di studio alla vincitrice della quarta edizione, Vanessa Cresta (a destra).



*Gruppo Nazionale di Fondamenti e  
Storia della Chimica*

## **Il nuovo direttivo del GNFSC**

Si sono svolte le votazioni per eleggere il Presidente e i Componenti il Consiglio Direttivo del GNFSC (Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica), relative al quadriennio 2018-2021.

Sono stati eletti:

**Marco Taddia** (Presidente).

Franco **Calascibetta**, Berenice **Cavarra**, Iacopo **Ciabatti**, Marco **Fontani** (Consiglieri).

Presidente e Consiglieri assumeranno le rispettive cariche il primo gennaio 2018.

Il **direttore** ed il **CdR** di CnS - La Chimica nella Scuola si congratulano con i colleghi eletti augurando loro un profiquo lavoro.





## **Quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?**

La scuola si pone come obiettivo l'individuazione e il conseguente approfondimento delle **conoscenze di base** che sono necessarie nel campo della biologia, della chimica, della fisica e della geologia per comprendere e comunicare i contenuti fondamentali della **moderna**



**Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali**

**ricerca scientifica e tecnologica.** In questo modo si intende perseguire due fini: da un lato una maggiore **sensibilizzazione** nei confronti della ricerca scientifica come protagonista del progresso, dall'altra la dimostrazione dell'importanza di **acquisire correttamente** quei concetti fondamentali che, spesso, appaiono astratti e privi di un riscontro pratico.



**Per informazioni: Prof. M.A. Floriano, email: [michele.floriano@unipa.it](mailto:michele.floriano@unipa.it)**

La Scuola è una iniziativa sviluppata nell'ambito del protocollo d'intesa fra l'Ufficio Scolastico Regionale per la Sicilia e le Associazioni disciplinari AIC (Associazione Insegnanti Chimici), AIF (Associazione per l'Insegnamento della Fisica), ANISN (Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali) e DDSCI (Divisione Didattica della Società Chimica Italiana)

### **Iscrizioni:**

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScOaw5SJkimxyunC\\_CyL1X4YWTGsDVTkrtKdLZ12aQs0jnX1A/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScOaw5SJkimxyunC_CyL1X4YWTGsDVTkrtKdLZ12aQs0jnX1A/viewform)

### **Informazioni Studenti:**

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeiEMed8pvdgxElgryLxeAHXnsoKgF8fRtHeu\\_QOIXpUfAQzQ/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeiEMed8pvdgxElgryLxeAHXnsoKgF8fRtHeu_QOIXpUfAQzQ/viewform)

<http://www1.unipa.it/flor/spais.htm>

## SPAIS 2018

Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali

*Quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?*

<p><b>Addaura Hotel, Palermo</b></p> <p><b>23-28 luglio 2018</b></p>		<p><b>XII Edizione</b></p> <p><b><i>Messaggi di Scienza</i></b></p>
<p><b><u>INFORMAZIONI</u></b></p> <p><b><u>ISCRIZIONI</u></b></p> <p><b><u>ISCRIZIONI STUDENTI</u></b></p>		<p><b><u>PROGRAMMA</u></b></p> <p><b>CONFERENZA SERALE</b></p> <p><b>SLIDE RELAZIONI</b></p> <p><b>ATTI</b></p>

Per informazioni: [infospais@gmail.com](mailto:infospais@gmail.com)

Con il patrocinio ed il supporto di:

 <p>UNIVERSITÀ degli STUDI di CATANIA</p>		 <p>DISTRETTO TECNOLOGICO- SICILIANA MICRO E NANO SISTEMI S.C.A.R.L.</p>
		 <p>Piano Nazionale Lauree Scientifiche</p>

**Programma**

[http://www1.unipa.it/flor/materiale\\_SPAIS\\_2018/riassunti\\_SPAIS\\_2018.pdf](http://www1.unipa.it/flor/materiale_SPAIS_2018/riassunti_SPAIS_2018.pdf)

**Informazioni:**

[http://www1.unipa.it/flor/materiale\\_SPAIS\\_2018/seconda\\_circolare\\_SPAIS2018.pdf](http://www1.unipa.it/flor/materiale_SPAIS_2018/seconda_circolare_SPAIS2018.pdf)

AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell’informazione

AREA 10 – Scienze dell’antichità, filologico–letterarie e storico–artistiche

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

*Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su*

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)







Finito di stampare nel mese di maggio del 2018  
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»  
00134 Roma – via di Torre Sant'Anastasia, 61  
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)