



Società Chimica Italiana

## **La Chimica nella Scuola**





## Indice

- 5 Editoriale  
La Chimica sostenibile e sicura ha bisogno dell'impegno della SCI  
*Giuseppe Poeta Paccati*
- 9 Dalla Copertina  
Una intervista a John Sweller  
*Liberato Cardellini*
- 21 Spiegare la chimica: la vogliamo considerare un'arte?  
*Luigi Dei*
- 27 Scuola Secondaria Superiore Chimici  
Qual è l'ibridazione degli orbitali nella molecola dell'acqua?  
*Stefano Falcinelli, Franco Vecchiocattivi*
- 33 Scuola Secondaria Superiore (Triennio)  
Diossido di titanio e alcune sue applicazioni - Spunti didattici  
*Serena Randazzo, Anna Caronia, Michele A. Floriano*
- 43 Dissalazione delle acque, intuizioni antiche  
*Maura Andreoni*
- 49 Activity for kids about “*Food Chemistry*” at “Bright 2015”  
(Night of Researchers)  
*Valentina Domenici*
- 57 Cultura della sicurezza negli ITI chimici: le criticità nei programmi di studio e nell'Esame di Stato  
*Giuseppe Poeta Paccati*
- 67 Recensione  
Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, 6<sup>th</sup> edition  
*Francesco Caruso*
- 70 Federchimica per la scuola  
*Luigi Campanella*  
Premio Nazionale Federchimica Giovani 2016 - 2017
- 71 Concorso Resina “*La natura ci incanta!*”
- 72 Notizie



## **La Chimica sostenibile e sicura ha bisogno dell'impegno della SCI**

Il centro di medicina iperbarica dell'ospedale è tra le più moderne strutture ospedaliere della Lombardia. Quel giorno, il rogo che si scatenò in una delle sue camere per l'ossigenoterapia uccise l'infermiere e i dieci pazienti che si trovavano al suo interno. Cercavano un miglioramento alle loro condizioni di salute e, invece, trovarono la morte. Era il 1997. Nel 2017, l'anno prossimo, ricorrerà il ventennale di questa tragedia. Le indagini che seguirono stabilirono che il consulente, un giovane ingegnere al quale era stato affidato l'incarico di redigere il documento di valutazione dei rischi della struttura sanitaria, non aveva tenuto in nessun conto quelli derivanti dalla presenza di ossigeno puro in un ambiente confinato a pressione superiore a quella atmosferica, condizioni queste che sono comuni nelle camere iperbariche durante il loro esercizio. È noto che gli incendi alla presenza di ossigeno puro possono essere praticamente inestinguibili, s'accendono più facilmente e si sviluppano molto più velocemente producendo temperature molto più alte. In ossigeno puro anche l'acciaio brucia!

Più o meno nello stesso periodo in cui si verificò questo tragico incidente, l'autorevole chimico Alberto Girelli, recentemente scomparso, sosteneva che era preoccupante il fatto, accertato da varie indagini, che una delle cause più frequenti degli incidenti o dei *quasi incidenti*<sup>1</sup> fosse: *"la mancata o scorretta o incompleta valutazione del rischio chimico che consentono di tracciare un quadro desolante di scarsa professionalità a tutti i livelli, mancanza di chiarezza nella definizione delle responsabilità, ignoranza e sottovalutazione di fenomeni fisici e chimici di generale e consolidata notorietà"*[1].

Nel 1999, D. C. Hendershot della Rohm and Haas Company, J. F. Louvar della BASF Corporation e F. O. Kubias del Center for Chemical Process Safety, pubblicarono un articolo[2] in cui sostenevano, tra l'altro, che il contributo dei chimici è importante per comprendere e

---

1. Eventi che, solo casualmente, non hanno portato a un danno alle persone o alle cose nonostante che ne avessero tutta la potenzialità.

gestire i processi in sicurezza perché essi possono selezionare, fin dalle prime fasi, materie prime, intermedi, catalizzatori, reazioni e operazioni di trasformazione fisica, in grado di ridurre al minimo o eliminare i rischi contribuendo così alla realizzazione di un prodotto o di un processo "intrinsecamente sicuri". Per questo essi dovrebbero poter coltivare un atteggiamento per cui l'attenzione alla sicurezza sia una parte inseparabile del loro lavoro sia che operino nei laboratori didattici e di ricerca universitaria e industriale, sia che siano addetti agli impianti di produzione.

La scuola, e in particolare gli istituti Tecnici per Chimici, sono il primo ineludibile e indispensabile passo per formare nei futuri tecnici la sensibilità e le competenze necessarie. Il riordino della Scuola secondaria superiore,<sup>2</sup> adeguandosi a quanto previsto nel Testo Unico delle Leggi di Sicurezza sul Lavoro, il D. Lgs. 81/2008, ha ridisegnato il profilo educativo, culturale e professionale dello studente degli ITI e dei Licei con l'obiettivo di fare entrare i concetti di sicurezza nella cultura della società moderna. Questo importante processo rischia, però, di arenarsi miseramente a causa di alcune criticità evidenti a chi opera, quotidianamente, nelle scuole. È ciò che ho cercato di evidenziare nell'articolo intitolato: "*Cultura della sicurezza negli ITI chimici: le criticità nei programmi di studio e nell'Esame di Stato*", che troverete in questo numero della rivista.

La condivisione nel merito delle questioni sollevate e la dichiarazione di voler proseguire perché esse trovino una soluzione che è stata manifestata da parte di autorevoli esponenti della SCI, tra i quali voglio qui ricordare il suo Presidente, la Presidente della Sezione della mia regione di appartenenza, la Lombardia, il Presidente della Divisione di Didattica Chimica, la Coordinatrice del Gruppo Interdivisionale di Sicurezza in Ambiente Chimico, sono da accogliere, fiduciosi, con un realistico ottimismo. Dopotutto, se non agiamo concretamente e in tempi stretti, continueremo a diplomare (e in futuro a laureare) giovani chimici che non conoscono la storia industriale e i suoi rischi, e che seguiranno a non sapere cosa sia accaduto a Bhopal o a Seveso anche dopo aver conseguito la laurea in Chimica Ambientale. Siamo disposti ad accettare che nelle industrie o in cattedra vi siano chimici o ingegneri senza alcuna elementare

---

2.[http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id\\_m=8089&id\\_cnt=10814](http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id_m=8089&id_cnt=10814)

cognizione di cosa sia un semplice limite d'infiammabilità?

In caso contrario avremmo contribuito, concretamente, ad avviare un irreversibile processo *virtuoso* che farà in modo che, negli Istituti Tecnici gli allievi saranno messi in grado di affrontare, preparati, i temi dei rischi dei sistemi ad elevato contenuto tecnologico e, in particolare, della chimica di processo. Il beneficio per questo risultato sarà per tutti.

[1] A. Girelli, Casistica d'incidenti causati da mancata o scorretta valutazione del rischio chimico, *Atti del convegno: Il Rischio Chimico negli Ambienti di Lavoro*, Risch '96, Regione Emilia Romagna, Modena, 10,11,12 ottobre, p. 135 (1996).

[2] D. C. Hendershot, Rohm and Haas Company, J. F. Louvar, BASF Corporation e F. O. Kubias, Center for Chemical Process Safety, Add chemical process safety to the chemistry curriculum *Chemical Health and Safety*, Jan/Feb 1999.





## **Dalla Copertina**

### **Una intervista a John Sweller**

Liberato Cardellini

Università Politecnica della Marche, Via Brecce Bianche, 12 - 60131 Ancona  
l.cardellini@univpm.it

### **John Sweller** **Polonia 1946** **di Liberato Cardellini**



*John Sweller*

#### ***Riassunto***

*In questa intervista John Sweller spiega la Cognitive Load Theory e la sua importanza per i processi di apprendimento e insegnamento. Questa teoria costituisce uno sviluppo importante degli studi sulla limitazione della memoria di lavoro. Un grande numero di studi randomizzati e controllati hanno permesso di introdurre nuovi e specifici concetti. Assume grande importanza il concetto di carico cognitivo, che viene catalogato in estraneo, intrinseco e pertinente.*

*Considerando la funzione della memoria a lungo termine, viene suggerito un criterio per l'apprendimento significativo: è significativo l'apprendimento che comporta un cambiamento nella memoria a lungo termine. Discute dell'importanza e della funzione dei worked example e critica alcuni aspetti dogmatici del costruttivismo.*

### **Abstract**

*In this interview John Sweller explains the Cognitive Load Theory and its importance for learning and teaching processes. This theory is a prominent development of the studies on the limitation of working memory. A large number of randomized controlled experiments have enabled the introduction of new and specific concepts. The concept of cognitive load has assumed great importance, which is cataloged in extraneous, intrinsic and germane cognitive load.*

*Considering the function of long-term memory, he suggests a criterion for meaningful learning: all learning results in a change in long-term memory. He also discusses the function and importance of the worked-examples and criticizes some dogmatic aspects of constructivism.*

### **Introduzione**

Il Professore Emerito John Sweller è attualmente professore di Education all'Università del New South Wales, Sydney, Australia. Dopo aver ricevuto la laurea triennale nel 1969 all'Università di Adelaide, ha completato un dottorato di ricerca presso la stessa università nel 1972. Il nome John Sweller è associato alla teoria del carico cognitivo (Cognitive Load Theory), una teoria che riguarda l'istruzione e che si basa sulla nostra conoscenza dell'architettura cognitiva umana. La teoria ha apportato contributi sia alla ricerca che al dibattito sulle questioni connesse alla cognizione umana, ai suoi legami con l'evoluzione per selezione naturale e le conseguenze sulla progettazione didattica che ne derivano.

Sweller ha iniziato il lavoro sulla teoria nei primi anni '80. Successivamente, la "proprietà" della teoria si spostò al suo gruppo di ricerca presso l'UNSW e poi ad un sempre più grande gruppo internazionale di ricercatori. La teoria ora contribuisce sia alla ricerca che al dibattito sulle questioni connesse alla cognizione umana, ai suoi legami con l'evoluzione per selezione naturale e alle conseguenze sulla progettazione didattica che ne derivano. È una delle poche teorie ad aver generato una vasta gamma di nuovi modelli didattici derivanti dalla nostra conoscenza dell'architettura cognitiva umana. Dalla teoria sul carico cognitivo sono derivati i seguenti effetti sulla progettazione didattica: problemi goal-free, worked example, split-attention, redundancy, modality, element interactivity, isolated-interacting elements, imagination, expertise reversal, completion, variable examples, guidance fading, transient information, collective working memory and random move generation effects. Questi effetti sono stati studiati da molti gruppi di ricercatori in tutto il mondo.

Sweller è autore di oltre 150 capitoli di libri e pubblicazioni accademiche, principalmente incentrate sulla ricerca dell'influenza dei fattori cognitivi nella progettazione didattica, con un'accentuazione specifica sulle implica-

zioni didattiche dei limiti della memoria di lavoro e sulle loro conseguenze per le procedure didattiche. Sweller ha anche pubblicato diversi libri molto noti sulla teoria del carico cognitivo, compresi *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load* (con Clark e Nguyen) e *Cognitive load theory* (con Ayres e Kalyuga), pubblicato nel 2011.

## **Intervista**

*Perché non cominciamo con una breve biografia?*

Sono nato in Polonia nel 1946 ed emigrato in Australia con i miei genitori nel 1948. La mia formazione universitaria consisteva di una laurea in psicologia seguita da un dottorato di ricerca che comprendeva la ricerca nella risoluzione dei problemi. La maggior parte della mia carriera è stata spesa nella School of Education presso l'Università del New South Wales, dove ho insegnato Psicologia Pedagogica e ho portato avanti ricerche sui processi cognitivi e sulla progettazione didattica.

## **La teoria del carico cognitivo**

*Come si sviluppò l'idea della Teoria del Carico Cognitivo (Cognitive Load Theory, CLT)?*

Lentamente e nel corso di molti anni. La teoria è continuamente in fase di sviluppo con il sopraggiungere di nuove idee e di nuovi dati. La teoria ha avuto inizio quando ho notato che durante l'esecuzione di un esperimento, chi risolveva i problemi poteva risolvere con successo un problema, ma non aveva alcuna idea del perché si faceva così. In altre parole, sembrava che gli studenti imparassero poco dall'esperienza. Mi sono reso conto che la ricerca di una soluzione del problema e la comprensione degli aspetti critici di un problema sono due processi completamente diversi.

Poiché la capacità della memoria di lavoro e la sua durata sono molto limitate, possiamo cercare con successo una soluzione del problema, ma non abbiamo sufficienti risorse nella memoria di lavoro per imparare quali sono stati i passaggi necessari e il motivo per cui si sono resi necessari. Se consideriamo l'istruzione, l'incapacità d'imparare, dove imparare significa memorizzare delle informazioni nella memoria a lungo termine, rende la procedura dell'istruzione in gran parte inutile.

*In CLT, si utilizza un gergo specifico, ad esempio, il carico cognitivo è suddiviso in estraneo, intrinseco e pertinente. Potrebbe spiegare che cosa significa per noi? Come sono stati sviluppati tali concetti?*

La teoria del carico cognitivo consiste nell'architettura cognitiva umana (cioè memoria di lavoro e memoria a lungo termine), nelle categorie di carico cognitivo (carico cognitivo estraneo, intrinseco e pertinente) e negli

effetti del carico cognitivo che descrivono gli effetti sperimentali (ad esempio worked example, split-attention, modality, redundancy effects – ce ne sono molti altri) che conducono a principi didattici. Le varie parti della teoria sono state sviluppate lentamente nel corso di molti anni. La teoria ha condotto a ipotesi che hanno ispirato nuovi esperimenti. Quando i dati provenienti dagli esperimenti contraddicevano la teoria, la teoria veniva modificata, solitamente in modo da essere ampliata.

L'espansione che ha portato al concetto di carico cognitivo intrinseco ci fornisce un esempio. Inizialmente, quando abbiamo fatto riferimento al carico cognitivo, stavamo discutendo quello che oggi è conosciuto come carico cognitivo estraneo. In quel tempo non abbiamo fatto distinzione tra le diverse categorie di carico cognitivo. Ma poi abbiamo scoperto che gli effetti del carico cognitivo che si potevano ottenere utilizzando un certo tipo di materiale non c'era modo di averli con altro materiale. Perché? Alla fine, ci siamo resi conto che l'informazione che non provocava effetti visibili era facile da elaborare. Essa non imponeva un carico pesante sulla memoria di lavoro per via della sua natura intrinseca. Potevamo osservare effetti di carico cognitivo soltanto nel caso che venivano utilizzate informazioni complesse, difficili da comprendere che imponevano un pesante carico cognitivo intrinseco.

Se l'istruzione comportava anche l'imposizione di un carico cognitivo estraneo pesante, il sistema crollava e l'apprendimento non si verificava. Per le informazioni di facile comprensione, non importa come le informazioni vengono presentate. Anche con un incremento del carico cognitivo estraneo, la memoria di lavoro non viene sovraccaricata. Per esempio, l'apprendere che Fe è il simbolo del ferro non impone un carico sulla memoria di lavoro e quindi una procedura didattica inadeguata potrebbe non importare molto. Imparare a bilanciare un'equazione chimica può imporre un carico pesante sulla memoria di lavoro (carico cognitivo intrinseco) e così la maniera in cui il bilanciamento viene insegnato può risultare critica; questo perché una procedura didattica inadeguata impone un carico cognitivo estraneo.

*Quali sono le forme di carico cognitivo utili?*

Le risorse della memoria di lavoro dovrebbero essere dedicate ad occuparsi del carico cognitivo intrinseco, non del carico cognitivo estraneo. Se il carico cognitivo estraneo viene ridotto, più risorse possono essere dedicate ad elaborare informazioni intrinseche. Le risorse destinate all'informazione intrinseca sono pertinenti (germane) il che è positivo.

*Come studioso dell'architettura cognitiva umana, potrebbe spiegare la funzione della memoria di lungo termine?*

Tutto l'apprendimento, non importa quale sia la sua natura, produce

necessariamente un cambiamento nella memoria a lungo termine. Se durante l'istruzione nulla è cambiato nella memoria a lungo termine, allora nulla è stato appreso. Una volta che le informazioni sono state memorizzate nella memoria a lungo termine, si diventa persone diverse. Possiamo fare cose che non potevamo sognare di fare prima dell'apprendimento. Le informazioni che sovraccaricavano la memoria di lavoro prima di essere memorizzate nella memoria a lungo termine, possono essere lavorate facilmente, rapidamente e agevolmente dopo che sono state memorizzate nella memoria a lungo termine. Di conseguenza, la funzione dell'istruzione è di aumentare le informazioni utilizzabili nella memoria a lungo termine.

*Quindi, c'è un motivo per cui il transfer è così difficile nella risoluzione dei problemi?*

Il transfer dipende da ciascuno noi, se siamo o meno in grado di riconoscere che quanto è stato precedentemente appreso può essere applicato in una nuova situazione. In primo luogo, dobbiamo riconoscere gli indizi che indicano che è opportuno utilizzare certe particolari conoscenze nel nuovo contesto. Se non siamo in grado di individuare questi segnali, non possiamo riconoscere che il nuovo contesto è correlato o forse funzionalmente equivalente al vecchio contesto.

In secondo luogo, anche se i segnali appropriati sono stati individuati, possiamo avere un problema di carico cognitivo. Dobbiamo contemporaneamente tenere presente nella memoria di lavoro il vecchio contesto, la soluzione al problema nel vecchio contesto, ricercare le relazioni tra il vecchio e il nuovo contesto e capire come applicare la soluzione precedentemente utilizzata nella nuova situazione nel contesto di trasferimento. Tutti questi processi devono avvenire in una memoria di lavoro che può elaborare soltanto due o tre elementi nuovi contemporaneamente. Il risultato è che se agli studenti non vengono esplicitamente fornite le relazioni tra i problemi, è molto improbabile che possano scoprire queste relazioni da soli, a meno che le relazioni non siano evidenti e ovvie.

*Quali sono le caratteristiche della cognizione umana che ci permettono di affrontare un certo materiale più facilmente di altro materiale?*

Qui si parla del carico cognitivo intrinseco. I nuovi studenti di chimica possono avere difficoltà nell'apprendimento dei simboli della tavola periodica, ma ogni simbolo può essere appreso singolarmente. Il simbolo del ferro può essere appreso indipendentemente dal simbolo del carbonio. L'interattività tra diversi elementi di informazione è bassa quando un elemento di informazione è tutto ciò che dev'essere appreso. Quando l'interattività tra gli elementi di informazione è bassa, il carico cognitivo intrinseco è basso. Imparare un singolo elemento di informazione non pone

un carico pesante sulla memoria di lavoro.

Al contrario, gli studenti di chimica possono avere difficoltà a imparare a bilanciare le equazioni chimiche ma questa difficoltà è molto diversa dalla difficoltà che devono affrontare per imparare i simboli della tavola periodica. Imparare a bilanciare le equazioni chimiche richiede agli studenti di manipolare contemporaneamente più elementi di informazione appresi nella memoria di lavoro. Qualsiasi cambiamento in una parte di un'equazione ha implicazioni per una o più altre parti e tutte queste informazioni devono essere considerate simultaneamente. Gli elementi di apprendimento interagiscono e non possono essere considerati in modo isolato. Poiché interagiscono, ogni elemento che si apprende dev'essere considerato contemporaneamente con diversi altri elementi. Allora il carico della memoria di lavoro è elevato a causa della forte interattività dell'elemento e di conseguenza il carico cognitivo intrinseco è alto.

C'è un'altra questione rilevante associata con l'architettura cognitiva umana e con la facilità di apprendere che la teoria del carico cognitivo ha iniziato a evidenziare negli ultimi anni. Secondo Geary (2008), la conoscenza può essere suddivisa in conoscenza biologicamente primaria, quella che abbiamo acquisito con l'evoluzione e la conoscenza biologicamente secondaria, quella che non abbiamo specificamente sviluppato per l'acquisizione. La conoscenza primaria può essere acquisita in modo semplice e inconsciamente senza istruzioni specifiche. Imparare ad ascoltare e parlare nella lingua nativa fornisce un esempio. Ci siamo evoluti per acquisire facilmente una lingua nativa. La conoscenza secondaria è molto più difficile d'acquisire e richiede istruzioni esplicite. Imparare la chimica può essere un esempio. Siamo in grado d'imparare la chimica, ma non ci siamo evoluti in modo specifico per imparare la chimica. Deve essere appresa coscientemente e insegnata in modo esplicito.

*"Se nulla è cambiato nella memoria a lungo termine, nulla si è appreso." (Sweller, Ayres e Kalyuga, 2011, p. 24) Quali procedure didattiche possono facilitare dei cambiamenti nella memoria a lungo termine? La motivazione qui gioca un ruolo?*

La teoria del carico cognitivo è stata utilizzata per elaborare un elenco di procedure didattiche efficaci che facilitano il cambiamento nella memoria a lungo termine. Ognuna di queste procedure ha dimostrato di essere efficace utilizzando degli esperimenti controllati e casuali. Ciascuna di esse riduce il carico cognitivo estraneo.

La motivazione è un fattore critico, ma di solito è considerata indipendente dai fattori di carico cognitivo. Qualsiasi tecnica didattica può essere manipolata per aumentare o diminuire la motivazione indipendentemente dal fatto che il carico cognitivo sia poi alterato oppure no.

*Secondo i Dieci Comandamenti Didattici (Johnstone, 1997, p. 265): "Se l'apprendimento vuole essere significativo si deve collegare a conoscenze esistenti". Perché la conoscenza significativa dev'essere collegata a conoscenze esistenti e perché gli studenti spesso si dedicano all'apprendimento meccanico?*

La conoscenza può essere immagazzinata nella memoria a lungo termine come fatti isolati imparati meccanicamente a memoria, ma tale conoscenza tende ad avere un'utilità limitata. Tutta la conoscenza, compresi anche i fatti, viene memorizzata in una forma migliore come elementi di conoscenza integrati e collegati, noti come "schemi". Tale conoscenza significativa è più difficile da acquisire delle conoscenze apprese meccanicamente a memoria perché impone un pesante carico cognitivo intrinseco.

È più facile per gli studenti trattare una serie di elementi di conoscenza come disconnessi, perché questo riduce il carico della memoria di lavoro durante l'apprendimento. L'interattività tra gli elementi è ridotta perché quando si apprende meccanicamente, i collegamenti esistenti tra gli elementi della conoscenza vengono ignorati. Certamente è vero che mentre l'acquisizione di conoscenze in questa forma può risultare più facile, essa risulterà molto meno utile. La conoscenza utile è più probabile che sia costituita da complessi elementi correlati della conoscenza (schemi) che traggono il significato dalle loro interrelazioni.

*Molte persone pensano che l'approccio multimediale sia utile per l'apprendimento. In CLT, lei ha trovato un effetto chiamato la divisione dell'attenzione (split-attention effect). Cosa pensa del potenziale della multimedialità per l'apprendimento?*

Ci sono diversi effetti nella teoria del carico cognitivo che riguardano l'apprendimento multimediale. L'effetto dell'attenzione divisa dice che quando ci troviamo di fronte a due o più fonti d'informazione come un diagramma e il testo e che si riferiscono l'uno all'altro, ma in modo che ciascuno sia incomprensibile senza l'altro, allora parti rilevanti del testo dovrebbero essere collocate in luoghi appropriati sul diagramma in modo che gli studenti non abbiano bisogno di dividere la loro attenzione tra le due parti per cercare di comprendere. Integrando fisicamente le due fonti d'informazione si riduce il carico cognitivo estraneo rispetto ad una presentazione con l'attenzione divisa.

In alternativa, se il testo è breve e facilmente può essere trattenuto nella memoria di lavoro, piuttosto che integrarlo fisicamente nel diagramma, può essere presentato in forma orale. La presentazione in modalità duplice è superiore alla presentazione in modalità singola e così si ottiene l'effetto modalità (modality effect).

La relazione fra le due fonti d'informazione è fondamentale. Esse devono

essere incomprensibili in modo isolato. Se invece entrambe le sorgenti sono comprensibili in modo separato perché, per esempio, il testo semplicemente ri-descrive il diagramma, allora non hanno bisogno di essere fisicamente integrate o parzialmente presentate in forma orale. O piuttosto, una forma di presentazione, di solito il testo, andrebbe eliminato. Le prestazioni migliorate dopo aver eliminato una fonte ridondante d'informazioni forniscono un esempio dell'effetto ridondanza (redundancy effect).

### **Problem solving**

*La risoluzione dei problemi è uno dei principali settori della sua ricerca. Quando ritiene che la risoluzione dei problemi sia produttiva e quando non lo è?*

Il problem solving è produttivo quando vogliamo trovare la soluzione a un problema. L'unica volta che accade all'interno di un contesto educativo è durante un test. In qualche modo, nel corso della storia del pensiero educativo, abbiamo deciso che la risoluzione dei problemi fosse anche un buon modo d'imparare. Invece si tratta di un modo terribile di apprendere. Abbiamo deciso che la risoluzione dei problemi fosse un buon modo d'imparare senza alcuna prova e senza nemmeno cercare di ottenere prove da esperimenti casuali controllati. Il problem solving è un modo povero di apprendimento perché impone un grande carico cognitivo estraneo. Per risolvere un problema è necessario considerare simultaneamente l'attuale stato del problema, lo stato dell'obiettivo, le differenze tra i due stati e gli operatori di problem solving che possono ridurre queste differenze.

Nessuna di queste attività che fiaccano le risorse della memoria di lavoro dimostra di avere più di una relazione marginale con l'apprendimento per poter riconoscere gli stati del problema e le mosse migliori associati a tali stati. Invece che chiedere agli studenti di risolvere i problemi, mostriamo loro come questi problemi dovrebbero essere risolti. L'effetto worked example si verifica quando gli studenti che studiano gli esempi svolti hanno un rendimento migliore nella risoluzione dei problemi nelle prove formali rispetto agli studenti che senza studiare gli esempi svolti risolvono problemi. L'effetto è stato dimostrato in decine di occasioni.

*Quando gli studenti studiano i worked example, le loro capacità di problem solving migliorano di più rispetto agli studenti che cercano di risolvere gli stessi problemi da soli. (Renkl, 2005) Come andrebbero strutturati gli esempi svolti?*

La considerazione più importante è sull'eliminazione dell'attenzione divisa. Gli esempi svolti che incorporano l'attenzione divisa devono essere modificati in modo che più sorgenti d'informazione siano fisicamente integrate. Recenti ricerche vanno sempre più indicando che l'eliminazione



della ridondanza è anch'essa importante.

*Secondo Moreno, "c'è una forte evidenza che i worked example non sempre funzionano" (Moreno, 2006, p. 177) Quand'è che il problem solving è superiore allo studio degli esempi svolti? (Kalyuga, Chandler, Tuovinen & Sweller, 2001)*

Esempi svolti ma strutturati in modo inappropriato, come indicato nella risposta precedente, certamente non sono efficaci. Ma c'è un altro insieme di circostanze in cui essi sono inefficaci. Per i novizi, gli esempi svolti e strutturati correttamente sembrano essere sempre efficaci. Con l'aumento del livello di competenza, il vantaggio degli esempi svolti diminuisce, per poi scomparire e, infine, s'inverte con la risoluzione dei problemi che diventa superiore agli esempi svolti. Queste relazioni forniscono un esempio dell'effetto dell'inversione di competenza negli esperti (expertise reversal effect).

Inizialmente, abbiamo bisogno di worked example per mostrarci come risolvere particolari classi di problemi, perché apprendere in questo modo come risolvere i problemi riduce il carico della memoria di lavoro rispetto alla risoluzione dei problemi senza aver prima appreso attraverso i worked example. Con l'aumento della competenza, che venga mostrato come risolvere una classe di problemi è ridondante e quindi non è più necessario in quanto con le informazioni ridondanti si aumenta il carico cognitivo. Con l'aumento della competenza, abbiamo solo bisogno di praticare la risoluzione dei problemi invece che di farci mostrare come risolverli.

*"La definizione più diffusa della creatività è la generazione di prodotti o soluzioni di problemi che sono sia nuovi che utili" (James & Taylor, 2010, p. 33) La conoscenza specifica è sempre importante? Qual è il ruolo della motivazione?*

Senza motivazione, creeremo poco o nulla. Infatti, senza la motivazione è difficile imparare o risolvere i problemi.

### **CLT e di apprendimento**

*Il suo consiglio ai docenti è quello di ridurre al minimo il carico cognitivo irrilevante. (Clark, Nguyen & Sweller, 2006) Che cosa significa questo in pratica?*

Significa mettere in pratica gli effetti del carico cognitivo che sono stati dimostrati. Ad esempio fornire agli studenti le istruzioni esplicite, piuttosto che mandarli alla ricerca d'informazioni. Utilizzare gli esempi svolti adeguatamente strutturati che eliminano la divisione dell'attenzione e la ridondanza. Con l'aumento del livello di competenza, ridurre l'uso dei worked example e sostituirli con i problemi da risolvere.

Prestare attenzione e assicurarsi che quando si utilizza la tecnologia didattica non si sostituisca l'informazione permanente come un testo scritto o la grafica statica con le informazioni transitorie ad esempio il testo parlato o animazioni, che aumentano il carico cognitivo dovuto all'effetto delle informazioni transitorie (transient information effect). Ci sono molte altre considerazioni basate sulla teoria del carico cognitivo, ma queste sono quelle principali.

*Come fa il sistema cognitivo umano a trattare la complessità?*

Lo fa in modo ingegnoso! Si costruisce strutture d'informazione sempre più complesse nella memoria a lungo termine e poi tratta tali strutture, che possono essere estremamente complesse, come un unico, semplice elemento nella memoria di lavoro quando questa conoscenza è necessaria per prevedere azioni.

*Il costruttivismo ha avuto una grande influenza nel campo dell'educazione della scienza e della matematica. "La più cospicua influenza psicologica sull'idea del programma scolastico nelle scienze dal 1980 è stata la visione costruttivista dell'apprendimento "(Fensham, 1992, p. 801) Perché una guida minima nell'istruzione non sempre funziona?*

Il costruttivismo come teoria filosofica/psicologica dice che tutti dobbiamo costruire la nostra conoscenza del mondo. Questo è ineccepibile. Il costruttivismo come procedura d'insegnamento dice anche che abbiamo bisogno d'insegnare agli studenti come costruire la conoscenza facendo in modo che siano loro stessi a scoprirla piuttosto che esplicitamente insegnarla loro. Trovo assurdo questo aspetto. Non è stato introdotto perché l'evidenza empirica ha indicato che doveva essere introdotto, ma piuttosto, come un dogma. Attualmente, sembra che vada nella direzione della maggior parte dei dogmi non supportati empiricamente.

*Quanto e che tipo di guida è ottimale per imparare dall'istruzione?*

Per i novizi, servono dettagliate istruzioni esplicite inclusi un sacco di worked example. Con l'aumento del livello di conoscenza in un certo argomento, la quantità di istruzioni esplicite può diminuire. Una volta che gli allievi sono in grado di ottenere facilmente da soli le informazioni riguardanti ad esempio le soluzioni dei problemi, diventa necessario fornire molte poche informazioni.

*Ci sono tre aspetti di rappresentazione nelle scienze fisiche: macro e tangibile; molecolare e invisibile; simbolico e matematico. (Johnstone, 2010) Un chimico esperto può destreggiarsi tra tutti e tre i livelli; ma cosa può dire per quanto riguarda uno studente? Qualche consiglio dalla CLT?*

Per la maggior parte degli studenti, certamente per i novizi, il destreggiarsi tra tutti e tre i livelli impone un opprimente carico sulla memoria di lavoro. Il problema può essere superato insegnando ogni livello separatamente prima di considerare i tre livelli assieme. Questa procedura deriva dall'effetto degli elementi isolati-interagenti (isolated-interacting elements effect).

*Lei ha dimostrato che la divisione dell'attenzione risulta negativa in tutte le istruzioni. (Sweller et al., 1990) Come può l'attenzione divisa essere eliminata da un libro di testo di chimica?*

Prendi un qualsiasi libro di testo di chimica e troverai tantissimo testo scritto, un sacco di equazioni e un sacco d'immagini e diagrammi. Per i principianti (e i libri di testo sono scritti soprattutto per i novizi) per capire un'equazione o un diagramma devono ricorrere al testo; perciò devono trattenere nella memoria di lavoro questa informazione incognita durante la lettura del testo. Ciò è facile per un esperto, ma è probabile che sia molto difficile o impossibile per un novizio. Integrando fisicamente il diagramma con il testo si riduce il carico della memoria di lavoro. Questo può richiedere molto ragionamento, lavoro e sforzo da parte degli autori, ma può avere effetti molto benefici sui risultati dell'apprendimento.

*Ora una domanda personale: quali sono stati gli eventi più significativi nella sua vita d'insegnante?*

Probabilmente il comprendere che se l'insegnamento viene trattato come una scienza empirica e teorica piuttosto che come un mestiere può portare enormi benefici.

### **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare Alexander Renkl dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Friburgo per i suggerimenti che ha dato per migliorare le domande dell'intervista.

### **Bibliografia**

- R. Clark, F. Nguyen, & J. Sweller, (2006). *Efficiency in Learning: Evidence-based Guidelines to Manage Cognitive Load*. Pfeiffer: San Francisco, CA.
- P. J. Fensham, (1992). Science and technology. In P. W. Jackson, (Ed.), *Handbook of research on curriculum* (pp. 789-829). Macmillan: New York.
- D. C. Geary, (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, **43** (4), 179-195.

- K. James, & A. Taylor, (2010). Positive creativity and negative creativity (and unintended consequences). In D. H. Cropley, A. J. Cropley, J. C. Kaufman, M. A. Runco (Eds.), *The dark side of creativity* (pp. 33-56). Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- A. H. Johnstone, (1997). Chemistry Teaching—Science or Alchemy? 1996 Brasted lecture. *Journal of Chemical Education*, **74** (3), 262-268.
- A. H. Johnstone, (2010). You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, **87** (1), 22-29.
- S. Kalyuga, P. Chandler, J. Tuovinen, & J. Sweller, (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, **93** (3), 579–588.
- R. Moreno, (2006). When worked examples don't work: Is cognitive load theory at an impasse? *Learning and Instruction*, **16** (2), 170-181.
- A. Renkl, (2005). The worked out example principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 229-245). Cambridge University Press: New York.
- J. Sweller, P. Chandler, P. Tierney, & M. Cooper, (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General*, **119** (2), 176-192.
- J. Sweller, P. Ayres, & S. Kalyuga, (2011). *Cognitive load theory*. Springer: New York.
- L'intervista in Inglese è stata pubblicata in *Education Policy, Management and Quality*, 2015, **7** (3), 127-134. Traduzione Italiana autorizzata dall'Editore.

## **Spiegare la chimica: la vogliamo considerare un'arte?**

Luigi Dei

Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Firenze  
Professore di chimica dell'ambiente e dei beni culturali

Recentemente, ricorrendo ad una forma di comunicazione oggi molto diffusa ed anche discussa e controversa – il cosiddetto mondo dei *social* –, ho scritto sulla mia pagina pubblica e sul mio profilo privato *Facebook* il seguente brano intitolato “Spiegare”.

“Nonostante gli impegni pressanti, concitati e fitti, non ho rinunciato a tenere il corso di chimica analitica per le matricole di Chimica dell'anno accademico 2015/2016. Sono quattro ore alla settimana, intense, che danno tanta soddisfazione. Prima di iniziare ogni lezione, mi concentro per qualche minuto e, facendomi violenza, m'impongo che sia sempre la prima volta alla scoperta dell'argomento del giorno. E' l'obbligo dell'insegnante: un attore che finge di svelare ciò che spiega come fosse la “sua” scoperta da condividere con loro, le studentesse e gli studenti. Cerco di interrogarmi su ciò che possa essere oscuro; mi chiedo perché, come, quanto, quale, dove. Se mi sembra tutto chiaro, mi dico di no, non può essere. Devo sforzarmi di pensare alle tenebre e, brancolando nel buio, accendere gradualmente la luce per me e per loro. E poi partecipare alla lezione con la mente, ma anche con il fisico; non dare mai l'impressione di parlare in modo routinario. Accendersi di passione per i grandi concetti, come per le minuterie; intercalare anche qualche battuta di spirito, motivare e attizzare la curiosità. E', deve essere, un'avventura, una sorta di gioco a scoprire perché la materia è così intrigante e stregata. Non mollare mai la presa, tenere viva l'attenzione stimolando sempre l'aspettativa di qualcosa di incredibile. Bisogna, minuto dopo minuto, allargare ciò che è piegato o avvolto; sono oltre ottanta volti, 160 occhi che scrutano, che ti aspettano al varco della chiarezza. Se non fai loro luce gli sguardi si affievoliscono fino a spegnersi e finisce che non hai acceso alcunché. Così tornerei troppo triste in Rettorato a San Marco. Devono appassionarsi alla scoperta dell'ignoto, di ciò che non conoscevano: come è possibile che ciò accada se il docente per primo non si appassiona e immagina magicamente che tutto è ignoto anche per lui e che sta varcando l'orizzonte della conoscenza come coloro che lo varcarono per la prima volta? Bisogna farlo, sì è d'obbligo fingere, perché nella finzione sta la magia della loro partecipazione.

Alla fine della lezione so quello che sapevo all'inizio, ma l'ho scoperto di nuovo, per l'ennesima volta e sono fisicamente esausto: perché per spiegare bene bisogna attaccare la parete con tanta energia fisica, altrimenti vince lei, la parete della loro indifferenza. Invece, se ti ci butti con tutte le tue forze fisiche, cercando di trascinarli fino lassù, allora hai vinto tu, insegnante, e loro insieme a te. Ora parto in bicicletta: centro, lungarno, Cascine, Indiano, Peretola, Osmannoro, Campus di Sesto; entro nel plesso didattico, qualche saluto, minuti di concentrazione, stacco cellulare, respirone ... Via, oggi la parete di roccia mi propone complessazione ed EDTA: do loro la corda e si parte ...”.

In esso sono contenuti alcuni principi didattici che si sono consolidati in me dopo circa quaranta anni di esperienza d'insegnamento a vari livelli. Ho insegnato tanto, sempre con passione e soddisfazione intensa, a partire dalle cosiddette “ripetizioni” private, quand'ero studente universitario ... per arrotondare la “paghetta” settimanale dei genitori. Ho continuato poi, abbracciando i vari gradi della formazione: medie inferiori, superiori, università nei corsi di laurea e di dottorato e, fino a una quindicina d'anni fa, anche “ripetizioni”. Non appaia strano, ma molto ho appreso proprio dall'attività di tutore per studenti in difficoltà: le “ripetizioni” appunto. Oggi, dopo svariati anni che non svolgo più questa attività – per mancanza di tempo, ché invece sento forte la nostalgia –, mi viene da riflettere sul sostantivo “ripetizione”. Stando all'etimo, avrei dovuto semplicemente “ripetere” ciò che il docente aveva spiegato e/o il libro illustrato. E invece, gradualmente, scopro che tutto dovevo fare tranne che “ripetere”. M'imponevo di inventare qualcosa di diverso per far capire, ripetere *tout court* poteva essere assolutamente inefficace. Ed è in questo inventare una didattica personalizzata sulle difficoltà del discente che ho maturato la forte convinzione della necessità di usare la fantasia e immaginare l'attività del docente un po' alla stregua di quella dell'artista o dell'inventore. Questa convinzione mi ha sostenuto ed appassionato quando, successivamente, al posto di ripetere dovevo invece dire per la prima volta. Questa ricerca, quasi parossistica, di come forzare i cervelli più restii all'ingresso dei concetti affonda le sue radici in uno stato d'animo che definirei in questo modo: la gioia di far capire e di non esser paghi se non quando l'impresa è realmente compiuta. Sempre ricorrendo alla mia attività *social* ho voluto rendere con un po' di poesia questa *vis* interna che non riesco ormai a trattenere quando entro in un'aula o anche semplicemente quando devo spiegare qualcosa della mia disciplina a qualcuno. Il brano, pubblicato prima dell'inizio delle lezioni nel settembre 2015, s'intitola “La storia del ‘ricciolo’ e della ‘barretta’”.

“Lunedì 21 settembre 2015 alle nove e mezzo ho iniziato il mio corso di chimica del restauro per le studentesse e gli studenti del secondo anno della triennale in diagnostica e materiali per la conservazione e il restauro.

Una trentina di volti nuovi, sessanta occhi brillanti e aperti, sguardi interrogativi e curiosi. Insomma la consueta, bellissima sensazione di una nuova avventura per i sentieri della conoscenza e del sapere. Si pensa che si parta per un viaggio e che i viaggiatori siano quei trenta passeggeri: certo, è così, ma c'è sempre anche un viandante in più, l'insegnante. E' una guida "turistica" che si trasforma, lezione dopo lezione, in "turista" egli stesso.

Trascorre ore ad illustrare i monumenti della sua disciplina che ogni anno gli appaiono diversi a causa della perspicacia cangiante dei "turisti" assisi al banco. Scoprono mentre anch'egli scopre, ammirano mentre la guida ammira, s'incuriosiscono mentre la curiosità s'insinua nei pensieri del docente. Le due ore volano: per lui certamente, per loro indubbiamente con più fatica. Ancora tanti paesaggi e opere da osservare minuziosamente, ma il viaggio è iniziato e quando si viaggia si deve sempre portare due valige: una piena di indumenti, l'altra vuota all'inizio e di difficile chiusura alla fine. Stiamo riempiendo insieme le seconde di ciascuno: con passione, entusiasmo e vitalità cerco di far accogliere più o meno ordinatamente discorsi, formule, numeri, concetti, leggi, fenomenologie, meccanismi, materia in trasformazione. I "perché", i "come", i "quanto", i "quale", accompagnati dall'immancabile ricciolo "?", fanno via via posto alle spiegazioni chiuse dalla barretta col punto "!". Mi piacciono sia il "ricciolo" che la "barretta": francamente non saprei scegliere. Nella "mia" valigia, dove apparentemente dovrei avere solo "barrette", tengo stretti invece tutti e due: non si sa mai, anche dopo anni è sempre bene tenere ben custoditi i "riccioli"! La vera guida è colei o colui che scopre sempre e passa dal "ricciolo" alla "barretta", come fosse ognora la prima volta. Buono studio a voi e, perché no?, anche a me!".

Ecco dunque che nei due brani sopra riportati fuoriescono quelli che a mio avviso dovrebbe essere i tratti caratterizzanti di una didattica che arrivi a scardinare quei meccanismi per i quali, alla fine, la studentessa o lo studente ti dicono: "non ho capito". E' indispensabile partire dal presupposto che solo immaginando di non sapere e scoprire per la prima volta gli argomenti della lezione insieme ai discenti si possa realizzare quello che dovrebbe essere il primario obiettivo di un insegnante: "mettersi nei panni" degli allievi.

"Mettersi nei panni" significa non dare niente per scontato, neppure la nozione che a noi possa sembrare la più banale. Interrogare noi stessi, porci costantemente innumerevoli "perché" da infinite angolazioni diverse e rispondere a noi stessi cercando la soddisfazione della comprensione all'interno dei nostri meccanismi cognitivi. E poi lavorare di fantasia, come fanno artisti e inventori. Al fine di rendere concreta questa idea di come la fantasia possa aiutare la didattica in chimica vorrei riportare le parole di una studentessa che ho avuto in classe nell'anno scolastico 1988/1989 e che ricorda circa un anno fa, all'indomani della mia elezione a Rettore, una mia

lezione sulla struttura dell'atomo con queste parole. "... allora ragazzi, se questo gesso è l'elettrone, fate conto che il Cupolone laggiù, laggiù, sia il nucleo .... capito? Perché l'atomo è picccciiiiinoooo..., ma picccciiiiinoooo.... davvero! Ahhhhh...che tempi ragazzi, se mi giro di scatto con sguardo montaliano mi sembra di rivederlo ancora!”.

In effetti, mi ero posto il problema di spiegare le dimensioni del nucleo rispetto all'atomo intero: mi ero reso conto che anche le studentesse e gli studenti più diligenti, che ti sciorinavano il valore vero di  $10^{-4}$  il nucleo rispetto all'atomo intero, non si rendevano conto di cosa stavano dicendo, non riuscivano a trasferire la nozione pura in un concetto comprensibile. Allora “inventai” la storia dell'elettrone dell'atomo d'idrogeno metamorfizzato nel gessetto che tenevo in mano – che in realtà, aggiungevo, dovrete trasformare in un granello di polvere di gesso – e, per dare un'idea delle dimensioni dell'atomo all'interno del quale si muoveva all'impazzata e del nucleo intorno al quale ruotava, dalla ubicazione della scuola dove insegnavo veniva fuori che il nucleo era il Cupolone! E, lasciandoli di stucco, concludevo che però fra il granellino e il Cupolone non c'era aria, ma vuoto assoluto! Ebbene con questo *escamotage* di fantasia ancor oggi le ex-studentesse e gli ex-studenti hanno una nozione corretta della struttura atomica e soprattutto se ne ricordano, come testimoniato sopra, a distanza di oltre 25 anni, pur avendo intrapreso studi non legati alla chimica.

Sempre nell'ottica di concretizzare questa idea della fantasia come motore che accende curiosità e che fa scattare il meccanismo della comprensione del perché in chimica accade ciò che accade, vorrei citarvi di nuovo come ho pensato recentemente di spiegare i fenomeni di condensazione del vapor saturo in nebbia e la conseguente diffusione della luce che rende la nebbia pericolosa per la riduzione di visibilità che causa. Lo cito da un mio recente libro (Luigi Dei, *Diario social di un Rettore - La chimica nel paese di Facebook*”, Firenze University Press, Firenze, 2016).

“Con lo sguardo fuor di finestra, Santo Stefano 2015 al tramonto. Non credevamo di essere così tante e che ci dessero una tale importanza e rilevanza. Stavamo molto vicine le une alle altre, avevamo una smisurata paura della solitudine. Apparivamo al mattino per poi dileguarci a metà mattinata, talvolta nel primo pomeriggio. Ci riunivamo per lo più la notte, da mezzanotte alle prime luci dell'alba. Forse era il freddo notturno che ci faceva addensare e diventare una vera e propria moltitudine. Amavamo l'oscurità e così, quando sorgeva il sole, strizzavamo gli occhi infastidite e ricacciavamo via la luce accecante da ogni parte, verso ogni direzione, senza assorbire nemmeno una stilla di quel biancore abbagliante. Diventavamo noi tutte centri di diffusione di luce bianca, poiché le nostre minute dimensioni – pensate, siamo grandi circa un millesimo di millimetro! – e la nostra natura chimica reagivano in questo modo agli abbacinanti strali dell'astro incanta



to, facendo scudo e rimbalzando i raggi a trecentosessanta gradi. La nostra rivincita contro l'immensa stella: noi, minuscoli esseri, trasformati in piccole stelline luminose! Eravamo pericolose però, per voi umani alle prese con i vostri sentieri asfaltati: avendo sequestrato quasi totalmente la luce bianca del vostro grande faro raggiato, vi rendevamo un bagliore così avvolgente e fasciante che, paradossalmente, vi faceva scorgere il mondo circostante solo a brevissima distanza. E le sensazioni che provavate non erano ilari e gioiose: il vostro animo si riempiva di una brumosa mestizia. Che buffo! Invisibili goccioline di luce oscuravano il cielo! Goccioline di luce? Strana metafora! Amavamo il freddo e le grandi umidità: rifuggivamo il tepore o la secchezza del caldo torrido. E infatti spesso, verso lo zenit che vi accoglie ai deschi, quelle temperature più miti evaporavano la nostra essenza e il nostro liquore si metamorfezzava in vapore. Troppo piccole le molecole di quell'acqueo vapore, incapaci di diffondere il candido luore, si lasciavano attraversare silenziosamente e di colpo un'altra bellissima storia iniziava a deliziarci. Altri folletti azotati e ossigenati, assai più minuscoli e lontanissimi nel cielo, diffondevano di nuovo il fulgore del vecchio Helios, ma stavolta, egoisti, non ci rendevano tutto il bagliore. Trattenevano gelosamente le fiamme rosseggianti sedici volte più intensamente delle faville intinte di blu. Ma questa è ancora un'altra storia, la storia dell'azzurro del cielo che si affaccia nel suo splendore al dileguar della nebbia!" E poi concludevo lo scritto citando una meravigliosa poesia di Giuseppe Ungaretti: "Dopo tanta nebbia a una/a una/si svelano/le stelle./Respiro/il fresco/che mi lascia/il colore del cielo." E qui ci sarebbe da aprire un altro interessantissimo capitolo che riguarda l'approccio multidisciplinare ad una materia, la chimica, troppo spesso descritta come arida o, peggio, generatrice d'inquinamento e contrapposta alla natura.

Spero con questo contributo di aver risposto positivamente alla domanda esplicitata nel titolo. Sì, per me spiegare la chimica può e deve essere un'arte e come tale ricorrere a tutte le risorse della fantasia creativa, con quell'assillo sempre presente di "mettersi nei panni" di chi non sa. Desidero concludere riportando un altro messaggio di auguri e congratulazioni per la mia elezione, di una studentessa a cui detti tanti anni fa delle "ripetizioni". Parla di umiltà del docente e capacità di ascolto: forse anche queste due prerogative rientrano nel concetto dell'arte dello spiegare?

"Buongiorno professor Dei, anzitutto complimenti per recenti successi in campo accademico. Probabilmente non mi riconoscerà, perché sono passati tanti anni da quando dava ripetizioni di chimica ad una ragazzina (*omissis*), nel lontano 1998-1999 presso la ex-sede di Chimica in via Gino Capponi. Sono felice di poterle dire che quella ragazzina, grazie ai suoi insegnamenti non solo si è laureata velocemente in (*omissis*), ma nel tempo ha anche conseguito un Master e un'ulteriore Laurea in (*omissis*) e attualmente colla-

bora con (*omissis*). In verità ci siamo incontrati anche di sfuggita una sera, in occasione di un suo colloquio con (*omissis*), ma non ho avuto la prontezza di spirito di chiederle se davvero era lei, dopo tanto e salutarla. (*omissis*). Sono adesso a farle i miei più vivi e sinceri complimenti per la sua carriera, emozionata nel saperla Rettore, orgogliosa di essere stata una sua diretta allieva. Con il ricordo vivo di aver conosciuto una persona che oltre ad insegnarmi la chimica, mi ha fatto capire che a qualunque gradino si sia, l'importante è sempre porsi con umiltà e ascoltare chi si ha accanto. Ancora infiniti complimenti professore e Magnifico Rettore. Un saluto di sincero affetto e stima”.

# Qual è l'ibridazione degli orbitali nella molecola dell'acqua?

Stefano Falcinelli, Franco Vecchiocattivi

Dipartimento d'Ingegneria Civile ed Ambientale, Università degli Studi di Perugia,  
Via G. Duranti, 06125 Perugia  
stefano.falcinelli@unipg.it - franco@vecchio.it

## **Riassunto**

*L'ibridazione degli orbitali atomici è uno schema che aiuta moltissimo a capire il legame chimico. Eppure, per la molecola dell'acqua i dati sperimentali sono un po' "ambigui": in fase gassosa gli orbitali sono rappresentati da un ibrido  $sp^2$ , mentre in fase condensata da un ibrido  $sp^3$ . Nonostante ciò, nei libri di testo spesso si parla solo di struttura  $sp^3$ .*

*Questa doppia natura degli orbitali della molecola  $H_2O$  è dovuta al ruolo che giocano i campi elettrici nella ibridazione. Tale particolarità della molecola dell'acqua dovrebbe essere insegnata e non celata agli studenti, quando si spiega la chimica generale.*

## **Summary**

*The atomic orbital hybridization is a scheme that considerably helps in understanding the chemical bond. Nevertheless, the experimental data available about the  $H_2O$  molecule appears to be a little "ambiguous": In gaseous phase the orbitals are represented by a  $sp^2$  hybridization, while in condensed phases by  $sp^3$ .*

*This double nature of the  $H_2O$  orbitals comes from the role played by the electrical fields in the hybridization. This peculiarity of the water molecule should be taught and not hidden when one explains the general chemistry.*

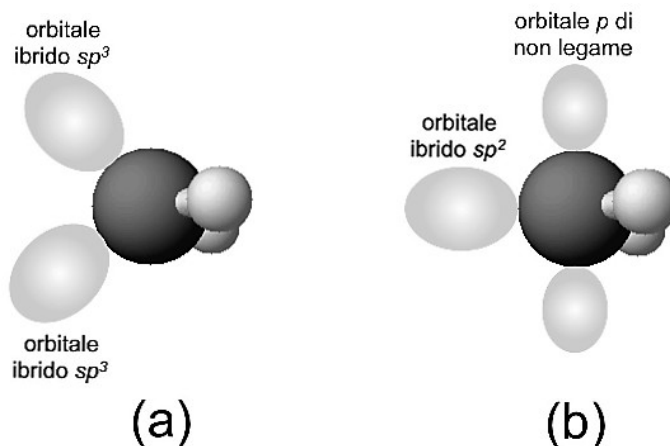
## **1. Ibridazione degli orbitali**

Questo è uno dei concetti più usati nella descrizione dei legami chimici. Fu introdotto da Pauling nel 1931 [1], eppure, parlando anche con gli addetti ai lavori, ci si rende facilmente conto che molto spesso viene inteso come un concetto un po' nebuloso, che viene usato forse meccanicamente e di cui non si ha ben chiaro il suo significato. A volte, si dice che consiste nella combinazione di due o più orbitali atomici subito prima che questi diano luogo ad un legame chimico. Tuttavia, facendo un esempio, in un atomo isolato un orbitale  $s$  e un orbitale  $p$  sono funzioni ortogonali e quindi non possono mai combinarsi. È il campo elettrico che viene prodotto dagli atomi tra i quali si deve formare il legame, che, perturbando gli orbitali, può

rimuovere la loro ortogonalità rendendo possibile la loro combinazione e quindi la formazione di un orbitale ibrido  $sp$ . Il caso più comune che viene sempre ricordato [1] è quello della molecola del metano,  $\text{CH}_4$ , in cui i quattro atomi d'idrogeno, disposti simmetricamente intorno all'atomo di carbonio, con il loro campo elettrico permettono l'ibridazione dell'orbitale  $2s$  e dei tre orbitali  $2p$  dell'atomo centrale di carbonio. Tali orbitali, avendo un'energia abbastanza simile, favoriscono così l'ibridazione tetraedrica  $sp^3$ . L'ibridazione quindi è un concetto prevalentemente di carattere matematico, ma che permette di spiegare la formazione di legami chimici con geometrie ed energie non altrimenti comprensibili.

## 2. Il caso della molecola dell'acqua

Un caso a parte è quello della molecola dell'acqua,  $\text{H}_2\text{O}$ . Tutti i testi di chimica generale [2] (o quasi tutti) riportano per gli orbitali di questa molecola una struttura ibrida tetraedrica  $sp^3$ , dove ai quattro vertici del tetraedro sono presenti i due atomi d'idrogeno e le due coppie solitarie di elettroni (comunemente chiamate *lone pair*) secondo lo schema mostrato in Figura 1(a).

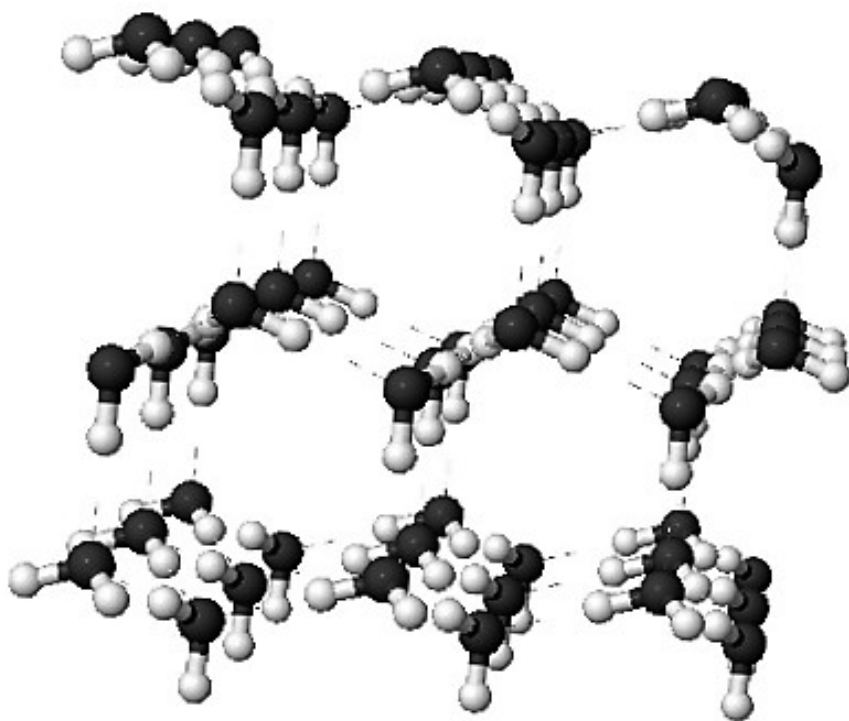


**Figura1** - Due possibili strutture per la molecola di  $\text{H}_2\text{O}$ . Nella parte (a) è riportata la struttura con ibridazione  $sp^3$ , mentre nella parte (b) quella con ibridazione  $sp^2$ .

Effettivamente, la struttura cristallina del ghiaccio, come tante altre proprietà sperimentali dell'acqua liquida, confermano perfettamente questa visione. Eppure, già Pauling nei suoi articoli originali [1], dove proponeva l'ibridazione degli orbitali, escludeva per la molecola  $\text{H}_2\text{O}$  isolata una ibridazione  $sp^3$ , ma giustificava la struttura della molecola gassosa con una parziale ibridazione  $sp^2$  degli orbitali dell'ossigeno, lasciando una coppia di

elettroni in un orbitale  $p$  di tale atomo non coinvolto nella formazione del legame [1]. Nella Figura 1 è riportato il confronto tra le due possibili rappresentazioni schematiche degli orbitali della molecola  $H_2O$ : nella Figura 1a c'è quella rappresentata comunemente nei vari libri di testo, con l'ibridazione  $sp^3$ , e quella in Figura 1b con l'ibridazione  $sp^2$  e l'orbitale  $p$  non coinvolto nel legame. Ma com'è nella realtà la struttura elettronica della molecola dell'acqua?

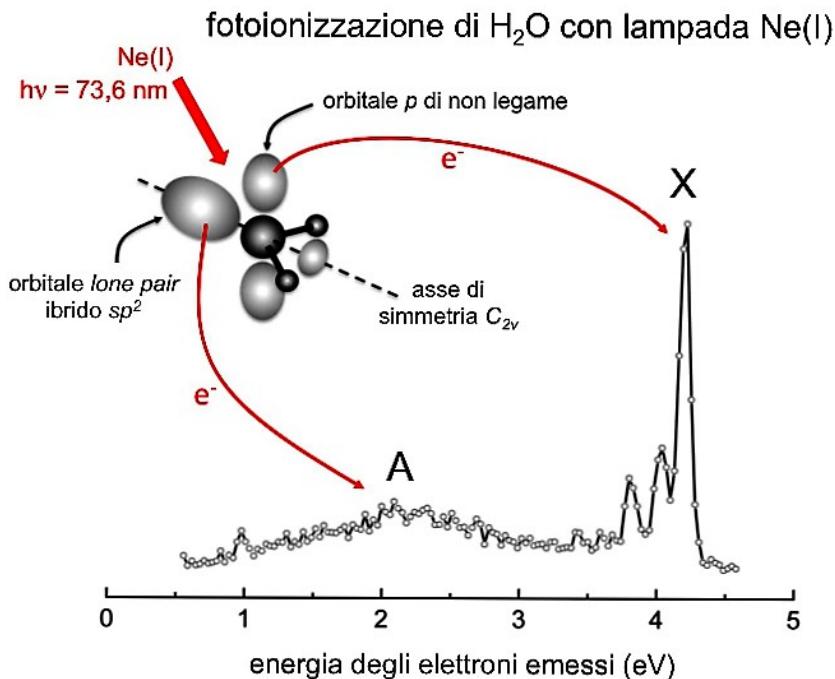
La struttura tetraedrica  $sp^3$  porta come riprova la disposizione geometrica delle molecole d'acqua sia allo stato solido che allo stato liquido. Per esempio, la struttura cristallina del ghiaccio è una struttura con alla base il tetraedro, come mostrato in Figura 2, dove le molecole dell'acqua si legano una all'altra con ponti di legame a idrogeno [2].



**Figura 2** - Disposizione geometrica dell'acqua allo stato solido. Ogni molecola si lega con le molecole adiacenti attraverso ponti di legame a idrogeno.

D'altra parte, se si esegue una misura di spettroscopia degli elettroni emessi durante la fotoionizzazione delle molecole dell'acqua gassosa [3,4], si ottiene uno spettro tipo quello mostrato in Figura 3, dove la banda X, quella che porta alla formazione dello ione  $H_2O^+$  nello stato elettronico

fondamentale e quella A, che porta alla formazione del primo stato elettronico eccitato dello ione molecolare, sono ben separate in energia [4].



**Figura 3** - Spettro in energia degli elettroni emessi nella fotoionizzazione di H<sub>2</sub>O con una lampada a Neon (I), che emette prevalentemente fotoni con lunghezza d'onda di circa 74 nm [4]. Le due bande, X ed A, si riferiscono agli elettroni che provengono dai due *lone pair*, che, come è evidente, non sono equivalenti.

Queste due bande derivano ciascuna dall'espulsione di un elettrone da uno dei due orbitali di non legame. In particolare, quando a seguito della fotoionizzazione l'elettrone viene espulso dall'orbitale *lone pair* di tipo *p* (ortogonale al piano della molecola), si produce lo ione H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> nello stato elettronico fondamentale (banda X dello spettro di Figura 3) con un potenziale di ionizzazione di 12,62 eV. Quando invece l'elettrone viene espulso dall'altro orbitale di non legame, quello ibrido *sp*<sup>2</sup> presente dalla parte opposta dei due atomi di idrogeno, si formerà lo ione H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> nel suo primo stato elettronico eccitato (banda A nello spettro di Figura 3) con un potenziale di ionizzazione pari a 14,74 eV. Data la notevole separazione in energia misurata per le due bande X e A (circa 2,12 eV), lo spettro di fotoionizzazione di Figura 3 è decisamente consistente con la struttura in Figura 1b e non con quella in Figura 1a, per la quale i due orbitali ibridi *sp*<sup>3</sup>, essendo degeneri, avrebbero dovuto fornire un'unica banda.

Da questi semplici dati, appare sufficientemente chiaro che allo stato gassoso la molecola  $\text{H}_2\text{O}$  risulta essere consistente con la struttura riportata in Figura 1b (ibridazione  $sp^2$ ), mentre allo stato liquido e solido appare consistente con la struttura riportata in Figura 1a (ibridazione  $sp^3$ ). A questo punto ci si pone una prima domanda: perchè le molecole d'acqua presentano questo comportamento "ambiguo"?

### 3. Il ruolo del campo elettrico

Nel primo paragrafo abbiamo ricordato come nella ibridazione degli orbitali sia indispensabile la presenza di un campo elettrico che perturbi gli orbitali atomici che debbono combinarsi per formare gli orbitali ibridi. Quando una molecola si trova in fase gassosa, la densità è così bassa che la possiamo considerare come praticamente isolata e quindi l'unico campo elettrico è quello dei due atomi d'idrogeno che si legano all'atomo di ossigeno. Ne consegue che l'ibridazione è di tipo  $sp^2$ , con un *lone pair* sul piano della molecola, in direzione opposta ai due legami O-H e con un orbitale  $p$  di non legame, perpendicolare al piano della molecola (Figura 1b). Quando invece l'acqua si trova in fase condensata, l'alta densità della materia produrrà un campo intenso che permette l'ibridazione  $sp^3$  e i due *lone pair* saranno descritti da due orbitali equivalenti e degeneri (Figura 1a).

Questo ruolo fondamentale dei campi elettrici è ben noto nella letteratura scientifica da molti decenni. Da un punto di vista teorico già Pauling ne parlava nei suoi lavori negli anni '30 del secolo passato [1], mentre, dal punto di vista sperimentale, i risultati della diffrazione di neutroni e dei raggi X [5] e gli studi di fotoionizzazione mostravano da lungo tempo questa caratteristica [3]. Eppure i libri di testo di Chimica Generale seguitano ancora oggi a riportare la struttura degli orbitali dell'acqua come essa appare nelle sole fasi condensate, cioè con ibridazione tetraedrica. Com'è ben noto, l'acqua è una molecola facilmente volatile e quindi la sua presenza in fase gassosa non è affatto un caso raro. Anzi, si stima che in tutto l'universo le molecole di  $\text{H}_2\text{O}$  siano prevalentemente in fase gassosa [6]. E allora? Perché si seguita ad insegnare ai nostri studenti solo una parte della realtà?

### 4. Che cosa insegnare?

Alcuni anni or sono, ci fu una sorta di dibattito sulla letteratura di didattica della chimica intorno a questo argomento [7,8]. Non ci sono state conclusioni molto chiare, ma sembra che si preferisca insegnare solo la struttura  $sp^3$  dell'acqua, forse per non confondere le idee agli studenti. Noi non crediamo che i nostri studenti siano così sprovveduti da entrare in confusione se si insegna loro correttamente la struttura dell'acqua e la sua dipendenza dall'ambiente circostante. Certo appare evidente che anche in questo aspetto l'acqua è un materiale decisamente eccezionale, una molecola

con proprietà straordinarie che danno all'acqua il ruolo particolare che essa riveste sul nostro pianeta ed altrove [9]. È nostra opinione che nei corsi di chimica si debba spiegare correttamente sia l'ibridazione degli orbitali e come essa possa essere influenzata dai campi elettrici indotti da atomi e molecole circostanti, che ci permette di capire soprattutto la chimica organica, e il ruolo che le forze intermolecolari presentano nella struttura della materia e nel comportamento dinamico delle molecole.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] L. Pauling, *Journal of the American Chemical Society* (1931), **53**, 1367. Vedi anche il celebre e storico libro: L. Pauling, *THE NATURE OF THE CHEMICAL BOND*, 3rd edition, Cornell University Press (1960).
- [2] Si può consultare qualsiasi testo di Chimica Generale, come per esempio: J. C. Kotz, P. M. Treichel, J. R. Townsend, *CHIMICA*, Edises (2013).
- [3] C. R. Brundle, D. W. Turner, *Proceedings of the Royal Society* (1968), **A307**, 27; J. E. Reutt, L. S. Wang, Y. T. Lee, D. A. Shirley, *The Journal of Chemical Physics* (1986), **85**, 6928.
- [4] B. G. Brunetti, P. Candori, S. Falcinelli, F. Pirani, F. Vecchiocattivi, *The Journal of Chemical Physics* (2013), **139**, 164305.
- [5] W. F. Kuhs and M. S. Lehmann, *WATER SCIENCE REVIEWS*, Cambridge University Press (1986) pp. 1-66.
- [6] G. Melnick, D. Neufeld, *Water, water everywhere: radio telescope finds water is common in universe*, The Harvard University Gazette, 15 febbraio 1999.
- [7] M. Laing, *Journal of Chemical Education* (1987), **64**, 124.
- [8] R. B. Martin, *Journal of Chemical Education* (1988), **65**, 668.
- [9] Il sito web <http://www1.lsbu.ac.uk/water/> raccoglie una lunga e sistematica lista di notizie e riferimenti sulle proprietà dell'acqua e delle sue molecole, inclusa una discussione sulla ibridazione degli orbitali in H<sub>2</sub>O.



# **Diossido di titanio e alcune sue applicazioni.**

## **Spunti didattici**

Serena Randazzo<sup>1</sup>, Anna Caronia<sup>2</sup>, Michele A. Floriano<sup>1</sup>

1. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche (STEBICEF), Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze, Edificio 17, 90128 Palermo

2. I.S. Majorana, Via Gerardo Astorino, 56, 90146 Palermo  
serena.randazzo@unipa.it, anna.caronia@tin.it, michele.floriano@unipa.it

### **Riassunto**

*Il diossido di titanio,  $TiO_2$ , ampiamente utilizzato come pigmento di colore bianco, è uno dei materiali più studiati nell'ambito della ricerca per le sue proprietà fotocatalitiche. Esso, infatti, contribuisce alla fotodegradazione di sostanze inquinanti, motivo per cui è utilizzato nel settore della purificazione dell'aria e dell'acqua e per la realizzazione di vetri autopulenti, disponibili commercialmente. Nel presente lavoro viene suggerito un percorso didattico con l'obiettivo di mettere in evidenza le proprietà fotocatalitiche del diossido di titanio oltre che può essere utilizzato per affrontare concetti fondamentali quali la struttura a bande dei solidi e la fotocatalisi. Il percorso si articola in più fasi che ricalcano quelle suggerite nei metodi didattici basati sull'indagine come il protocollo delle 5E dell'approccio IBSE.*

*Dopo aver assistito a una dimostrazione che illustra le proprietà fotocatalitiche del diossido di titanio con l'ausilio di un opportuno pigmento, gli studenti sono guidati nell'indagine dei diversi fattori che influenzano il processo.*

**Parole chiave:** diossido di titanio, degradazione inquinanti, fotocatalisi, IBSE, nanoparticelle, vetri autopulenti

### **Abstract**

*Titanium dioxide,  $TiO_2$ , widely used as a white pigment, is one of the most investigated materials in the research area because of its photocatalytic properties. In fact, it helps in the photodecomposition process of pollutants and for this reason it is used in air and water purification techniques and in the production of commercially available self-cleaning glasses. In this work a teaching sequence is suggested with the aim of demonstrating the titanium dioxide photocatalytic properties and, in addition, it can be used to illustrate different topics, such as the band structure in solids and photocatalysis. The sequence consists of several steps following those adopted in Inquiry-based approaches such as the 5E IBSE protocol.*

*Following a demonstration of the titanium dioxide photocatalytic properties by using a suitable dye, students are guided in an investigation of the effect of different factors affecting the process.*

**Key-words:** titanium dioxide, pollutant decomposition, photocatalysis, IBSE, nanoparticles, self-cleaning glass

### **Il diossido di titanio e suo utilizzo**

Il diossido di titanio è ampiamente utilizzato sia in campo industriale, come pigmento bianco, che in numerosi settori di ricerca anche a causa delle sue proprietà fotocatalitiche.

Delle sei milioni di tonnellate prodotte globalmente ogni anno, il 99% è usato come pigmento bianco non solo nel settore delle pitture, in cui viene utilizzato sin dai primi anni del '900, ma anche nelle plastiche, nelle gomme, nell'industria della carta, nel settore della cosmetica e dei prodotti farmaceutici. Infatti, è presente nel dentifricio che usiamo quotidianamente, nella chewing gum che mastichiamo o nella crema solare di cui ci cospargiamo, o, ancora, nella compressa che occasionalmente ci capita di ingerire [1]. Il colore bianco deriva dal fatto che le particelle, di dimensioni maggiori rispetto alla lunghezza d'onda della luce, diffondono tutte le componenti della luce bianca in egual misura. Poiché il processo si ripete moltissime volte all'interno del mezzo, la direzione di provenienza della luce non è più riconoscibile ed il mezzo assume un colore bianco.

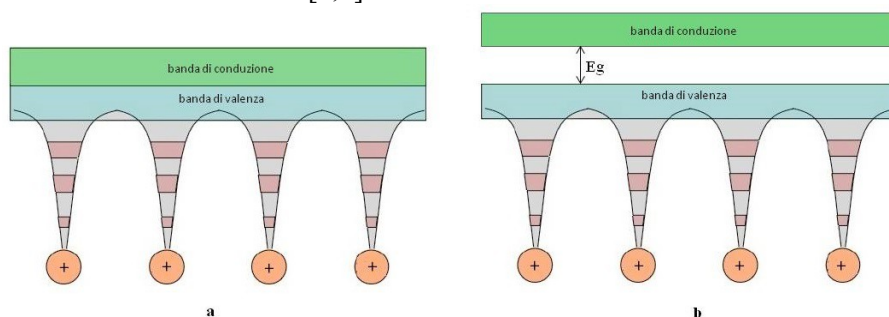
Sebbene largamente usato come pigmento, dagli anni '70 il diossido di titanio attira l'attenzione dei ricercatori anche per le sue qualità di fotocatalizzatore, ossia di sostanza capace di modificare la velocità di una trasformazione chimica indotta dalla radiazione luminosa. E' il più attivo e il più utilizzato tra i composti metallici che possono dar luogo alla fotocatalisi per la sua non tossicità, biocompatibilità, inerzia chimica in assenza di luce, basso costo, facile lavorabilità e facile produzione in grandi quantità su larga scala [2].

Per queste sue proprietà, il diossido di titanio è utilizzato in vari settori di grande interesse, quali la purificazione dell'aria e dell'acqua e nel settore dell'edilizia, come per esempio la produzione di materiali autopulenti, soprattutto vetri per le finestre. Alcune applicazioni emergenti, ancora in fase di studio, riguardano i materiali cementizi (pitture, pavimentazioni o masselli autobloccanti) con lo scopo di ridurre l'inquinamento urbano causato dagli ossidi di azoto (NOx) prodotti dai gas di scarico delle automobili [3]; la produzione di idrogeno mediante water-splitting foto-elettrochimico [1], la conversione di energia solare mediante celle solari a pigmenti [4].

Le proprietà fotocatalitiche derivano dal fatto che tale ossido è un semiconduttore, ovvero dotato di proprietà di conduzione elettriche interme-

die tra quelle tipiche di un metallo (conduttore) ed un isolante (non conduttore). A differenza di un conduttore, in cui gli elettroni sono liberi di muoversi, un semiconduttore può condurre in determinate condizioni, per esempio se illuminato o riscaldato.

Una descrizione semplificata dei meccanismi responsabili delle proprietà di conduzione di un generico materiale solido può essere ottenuta facendo riferimento alla Figura 1. La sovrapposizione fra livelli energetici esterni di atomi contigui causa la delocalizzazione degli elettroni di legame con la conseguente formazione della così detta banda di valenza. Analogamente, la sovrapposizione di livelli a energie superiori porta alla formazione di una banda, normalmente vuota, nota come banda di conduzione. Il comportamento elettrico del materiale è determinato dalla differenza energetica fra la banda di valenza e quella di conduzione. Nei *conduttori* le due bande sono sovrapposte (vedi Figura 1.a) e, di conseguenza, gli elettroni possono agevolmente trasferirsi nella banda di conduzione in cui sono liberi di muoversi. Negli altri casi (vedi Figura 1.b) le due bande sono separate da un *energy gap* ( $E_g$ ). Quando tale differenza di energia è molto grande gli elettroni non possono trasferirsi nella banda di conduzione e il materiale è un *isolante*. Per alcuni materiali invece, il gap energetico è tale che è possibile trasferire elettroni dalla banda di valenza a quella di conduzione mediante semplice riscaldamento o, come nel caso del diossido di titanio, radiazioni di energia almeno pari al gap energetico (di solito nell'UV-Vis). Il trasferimento di un elettrone nella banda di conduzione lascia in quella di valenza una vacanza (*hole*). I materiali dotati di queste caratteristiche sono noti come *semiconduttori* [5,6].



**Figura 1** – Rappresentazione schematica della banda di valenza e della banda di conduzione in: (a) un conduttore, (b) un isolante o semiconduttore. In quest'ultimo caso  $E_g$  indica l'energia di separazione fra le due bande.

### Le proprietà fotocatalitiche del $\text{TiO}_2$

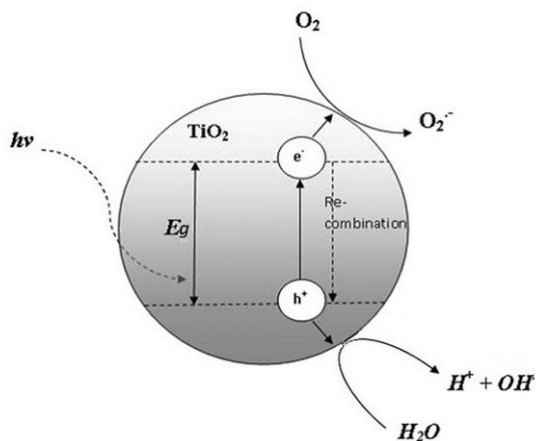
Il  $\text{TiO}_2$  è un semiconduttore con un gap fra la banda di valenza e la banda di conduzione di circa 3 eV, energia corrispondente a quella di radiazioni nel campo dell'ultravioletto. Sia gli elettroni disponibili nella banda di conduzione

ne, sia le vacanze generatesi in quella di valenza, come sarà meglio descritto in seguito, sono responsabili delle proprietà fotocatalitiche di questo materiale.

Nel caso delle celle DSSC (Dye Sensitized Solar Cell), come precedentemente riportato [7], il diossido di titanio è utilizzato come trasportatore di elettroni.

Nella purificazione delle acque o nel caso di utilizzo di superfici autopulenti, gli elettroni resi disponibili a seguito dell'illuminazione del  $\text{TiO}_2$  vengono trasferiti a specie ossidanti che subiscono un processo di riduzione, mentre le specie riducenti cedono un elettrone alla banda di valenza dove si trovano le vacanze, subendo un processo di ossidazione. Affinché il fotocatalizzatore sia efficiente, queste reazioni devono risultare preponderanti rispetto ai processi di ricombinazione vacanza-elettrone che possono avvenire nel bulk o sulla superficie stessa.

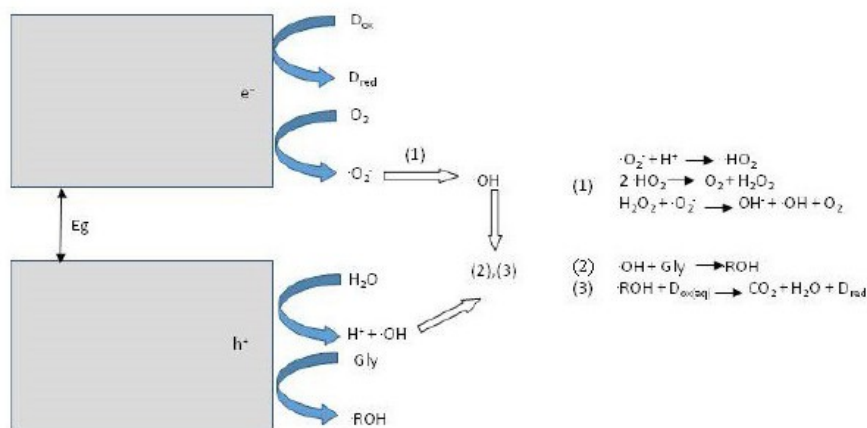
Nel settore della purificazione delle acque [8], la fotocatalisi rientra tra i trattamenti più avanzati di depurazione, i così detti AOPs, processi di ossidazione avanzata, ossia quei processi di degradazione di inquinanti organici presenti in soluzione acquosa dove vengono trasformati in composti innocui. Questi processi sono basati sulla generazione di specie fortemente ossidanti come i radicali idrossilici  $\cdot\text{OH}$  generati dalle molecole d'acqua, con il vantaggio di degradare gli inquinanti organici direttamente in soluzione. Come schematizzato nella Figura 2, l'acqua dona elettroni alla banda di valenza dove risiede la vacanza, generando radicali  $\cdot\text{OH}$ , mentre l'ossigeno adsorbito sulla superficie, acquista elettroni, riducendosi all'anione superossido  $\cdot\text{O}_2^-$  [8] che, come sarà meglio illustrato nella successiva discussione, anch'esso è fonte di radicali  $\cdot\text{OH}$ .



**Figura 2** – Descrizione dei processi redox in acqua indotti dall'assorbimento di radiazione  $h\nu$  da parte del  $\text{TiO}_2$ .

Queste due specie, fortemente reattive, sono in grado di decomporre le sostanze organiche, sia adsorbite sia in soluzione.

Dal punto di vista didattico i processi sopra descritti possono essere convenientemente illustrati utilizzando come sostanza organica prototipo il glicerolo. Inoltre, per mettere in evidenza i processi redox coinvolti si può utilizzare un opportuno colorante (D) le cui forme ossidata e ridotta presentino colori diversi. In una soluzione acquosa di colorante vengono aggiunti il glicerolo e il fotocatalizzatore  $\text{TiO}_2$ , nella forma di particelle di una certa dimensione. Dopo esposizione a radiazioni UV, avvengono i processi schematizzati in Figura 3. La forma ossidata del colorante ( $\text{D}_{\text{ox}}$ ) può ridursi, cambiando colore, alla forma  $\text{D}_{\text{red}}$  mediante due meccanismi: la porzione direttamente adsorbita sulla superficie del fotocatalizzatore si riduce acquisendo gli elettroni ( $e^-$ ) presenti nella banda di conduzione, ovvero, mediante un processo redox (reazione 3) che coinvolge radicali  $\cdot\text{ROH}$  formatisi dall'interazione diretta del glicerolo (Gly) con le vacanze ( $h^+$ ) o, in soluzione, mediante reazioni del glicerolo con radicali  $\cdot\text{OH}$  (reazione 2) che, come detto, sono fortemente ossidanti. L'ossidazione del radicale  $\cdot\text{ROH}$  ne causa la decomposizione in  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . La sequenza di reazioni 1 indica i processi responsabili della formazione di  $\cdot\text{OH}$  a partire dallo ione superossido  $\cdot\text{O}_2^-$  (vedi Fig. 2).

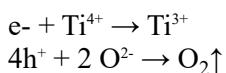


**Figura 3** – Descrizione dei processi redox in una soluzione acquosa contenente glicerolo (Gly) e un colorante (D) indotti dall'assorbimento di radiazione ( $h\nu$ ) da parte del  $\text{TiO}_2$ . Gli schemi di reazione (1), (2) e (3) riportati nella parte destra della figura sono discussi nel testo.

Nelle applicazioni dell'ossido di titanio come materiale attivo nei vetri au-

topulenti, una lastra di vetro è ricoperta da un sottilissimo strato del semiconduttore. L'assorbimento della radiazione solare e la conseguente promozione di elettroni nella banda di conduzione, analogamente a quanto precedentemente descritto, consente la decomposizione di sostanze organiche adsorbite sulla superficie e, allo stesso tempo, un meccanismo di idrofilia foto-indotta facilita lo scorrimento dell'acqua sulla superficie che trasporta con sé le sostanze estranee. Le caratteristiche super-idrofile della superficie possono essere schematicamente riassunte a partire dai processi redox che avvengono a seguito della irradiazione [3].

Gli elettroni generati a seguito dell'assorbimento di radiazione riducono il catione  $Ti^{4+}$  a  $Ti^{3+}$ , mentre le vacanze ossidano gli anioni  $O^{2-}$ , secondo i processi (dove  $h^+$  rappresenta una vacanza elettronica):



In questo processo viene espulso ossigeno e si crea la cosiddetta “vacanza di ossigeno”. Le vacanze di ossigeno sono rimpiazzate da molecole di acqua producendo gruppi ossidrilici adsorbiti e quindi siti idrofili superficiali, mentre il resto della superficie mantiene caratteristiche idrofobiche. Quanto maggiore è l'esposizione alla radiazione luminosa, tanto maggiore sarà il numero di siti idrofili che si generano sulla superficie e, di conseguenza, più piccolo diventa l'angolo di contatto fra la superficie e ulteriore acqua che si aggiunge. Come risultato, l'acqua piovana, anziché raccogliersi in gocce, tende a formare un film continuo sulla superficie del materiale che, scivolando più agevolmente, trasporta con sé lo sporco. La presenza del  $TiO_2$  nei vetri delle finestre assicura non solo proprietà autopulenti, ma anche anti-nebbia, antimicrobica, deodorante e purificatrice dell'aria.

Un aspetto che caratterizza tutte le applicazioni del diossido di titanio sin qui descritte è la dimensione nanometrica delle particelle. In generale, la materia, quando è ridotta a dimensioni di questa scala, assume proprietà chimiche e fisiche differenti che, cosa ancora più importante, dipendono dalle dimensioni delle nanoparticelle. Di conseguenza, in questa scala dimensionale, è possibile variare le proprietà regolando opportunamente le dimensioni. Inoltre, in un solido riducendo il volume delle particelle aumenta notevolmente la superficie esposta (aumento del rapporto superficie/volume). Quindi, maggiore è la disponibilità di siti superficiali, maggiore è la velocità delle reazioni di fotodecomposizione e ciò comporta una maggiore efficienza dell'attività fotocatalitica del  $TiO_2$ . Per questi motivi, un elevato rapporto superficie/volume è di gran lunga la più importante caratteristica nelle applicazioni di tipo fotocatalitico di interesse in questo lavoro.

## **Un percorso didattico sulla fotocatalisi**

In questa sezione viene suggerito un percorso che ha l'obiettivo di mettere in evidenza le proprietà fotocatalitiche del diossido di titanio. Tale percorso può essere utilizzato per illustrare i concetti sopra descritti riguardanti i fotocatalizzatori in generale, come ad esempio la struttura a bande dei solidi e la delocalizzazione delle cariche.

Nella fase iniziale, il docente introduce alcuni dei concetti fondamentali sopra descritti e in particolare: la struttura a bande dei solidi e la differenza tra materiali conduttori e isolanti, i semiconduttori elementari e la formazione di elettroni liberi e vacanze.

Dopo aver introdotto questi concetti base, il docente propone alla classe l'esperimento 1 riguardante la riduzione fotocatalitica di un colorante per mezzo di  $\text{TiO}_2$  in presenza di glicerolo e luce UV.

### ***Esperimento 1***

Nella procedura che segue viene utilizzato il colorante 2,6-dicloroindofenolo (DCIP) [2], anche se è stato suggerito [9] che, alternativamente per lo stesso scopo si può utilizzare la resazurina.

#### *Materiale occorrente*

- 2,6-dicloroindofenolo, sale sodico (DCIP) (soluzione acquosa 0,5 g/L).
- Glicerolo 99%.
- Diossido di titanio in polvere (particelle di dimensioni comprese fra circa 20-100 nm o anche maggiori).
- Lampada UV ( $\lambda < 350$  nm)
- Provette di vetro trasparente
- Vetrini d'orologio o capsule Petri

#### *Procedura*

In relazione all'ambiente dove sarà effettuata la dimostrazione e per ottimizzarne la visibilità da parte degli studenti, le prove possono essere effettuate utilizzando provette o vetrini d'orologio. Si possono anche utilizzare piccole capsule Petri che offrono il vantaggio di potere essere poste sul piano di una lavagna luminosa in modo che l'immagine proiettata sia visibile da tutta la classe. Adattando le quantità al volume dei recipienti utilizzati, mescolare pochi mL della soluzione di DCIP, un volume di glicerolo pari a circa 1/10 e una piccola quantità pesata di  $\text{TiO}_2$  (circa 10 mg). Al fine di rilevare meglio i cambiamenti di colore della soluzione durante la reazione, è opportuno preparare una miscela identica alla precedente in cui non sia stato aggiunto il fotocatalizzatore. Esporre entrambi i contenitori alla lampada UV e avviare il cronometro.

Il colore della soluzione varierà da blu (forma ossidata del colorante) a incolore (forma ridotta). Un colore rosa potrebbe essere osservato tra questi due estremi.

Il tempo occorrente perché la soluzione si decolori dipende da vari fattori fra cui, per esempio, la quantità e granulometria del catalizzatore oppure la lunghezza d'onda e intensità della lampada UV utilizzata. Le condizioni sopra riportate sono indicative e si consiglia di svolgere uno studio preliminare con il materiale a disposizione allo scopo di osservare il cambiamento di colore in tempi ragionevoli. Si consiglia di predisporre schede sperimentali in cui gli studenti annotino individualmente le loro osservazioni durante la dimostrazione.

Dopo aver effettuato l'esperimento e avvalendosi degli schemi riportati in Figura 2 e 3, vengono messe in evidenza le principali reazioni che sono responsabili per la decolorazione della soluzione.

Si avvia quindi una discussione chiedendo alla classe di suggerire quali fattori fra quelli coinvolti nella realizzazione dell'esperimento possono influenzare il tempo di decolorazione e quali prove sperimentali potrebbero essere messe in atto per verificare le ipotesi. Tale discussione può essere efficacemente avviata utilizzando opportune schede, compilate dagli studenti in maniera individuale, che riportino, oltre a una descrizione sintetica dell'esperimento effettuato, le seguenti due domande:

- a) Quale dei diversi fattori sperimentali coinvolti pensi che sia importante nel rendere il processo di decolorazione della soluzione più veloce?
- b) Che cosa modificheresti nell'esperimento che hai osservato per verificare la tua ipotesi?

Dopo una breve fase di lavoro individuale, si suggerisce di suddividere gli studenti in piccoli gruppi (non più di due/tre studenti per gruppo) chiedendo loro di concordare fra quelli proposti dai singoli componenti il fattore sperimentale ritenuto più importante. E' auspicabile che da questa discussione emergano alcuni fattori facilmente verificabili con successiva esperienza. Fra questi potrebbero esserci: la concentrazione del colorante, la quantità di catalizzatore utilizzata e la sua granulometria, il tipo e lunghezza d'onda della sorgente luminosa e il tipo di semiconduttore.

In una seconda e distinta fase di laboratorio, sulla base del materiale a disposizione, mantenendo ove possibile la composizione dei precedenti gruppi, gli studenti sono invitati a verificare sperimentalmente le ipotesi fatte. In questa fase sarà importante sottolineare la necessità di registrare in maniera semi-quantitativa le osservazioni. Per esempio, non sarà sufficiente affermare di aver osservato una più rapida decolorazione della soluzione all'aumentare della quantità di catalizzatore, ma occorrerà esprimere tale relazione annotando il peso di catalizzatore e il corrispondente tempo di decolorazione. Analogamente non sarà sufficiente limitarsi a una singola misura, ma sarebbe opportuno verificare l'osservazione con almeno due o tre prove. Gli studenti saranno quindi invitati a presentare i loro risultati in forma tabellare, preferibilmente esponendoli all'intero gruppo classe.



Nella procedura fin qui esposta è possibile riconoscere le varie fasi (Engage, Explore, Explain, Elaborate e, in seguito, Evaluate), che sono tipiche di un approccio IBSE secondo il protocollo delle 5 E [10,11].

### **Esperimento 2**

A conclusione delle precedenti fasi sperimentali, si possono dimostrare le proprietà autopulenti di opportuni vetri ricoperti da un film di  $\text{TiO}_2$  e disponibili commercialmente. Si osserverà la decolorazione di alcune gocce della soluzione utilizzata nell'esperimento precedente dopo esposizione a luce UV dimostrando, come descritto, la decomposizione della sostanza organica. Uno spruzzo d'acqua che simula la pioggia formerà sul vetro una sottile pellicola che, scivolando via, rimuoverà eventuali macchie depositatesi a conclusione della reazione precedente, così dimostrando anche l'effetto di super-idrofilia sopra descritto.

### **Ringraziamenti**

Gli esperimenti qui descritti sono stati realizzati in due istituti tecnici come parte di una sperimentazione didattica all'interno del progetto EU-FP7 "IRRESISTIBLE". Si ringrazia la Prof.ssa Tiziana Di Silvestre dell' IISS E. Ascione di Palermo per la sua partecipazione.

### **Bibliografia**

- [1] E. Davles, The white stuff, Chemistryworld, 2016.
- [2] A. Mills, M. McGrady, J. Wang, and J. Hepburn, A Rapid Method of Assessing the Photocatalytic Activity of Thin Films Using an Ink Based on the Redox Dye 2,6 Dichloroindophenol, *International Journal of Photoenergy*, 2008.
- [3] A. Fujishima, T. N. Rao, D. A. Tryk, Titanium dioxide photocatalysis, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews* 1 (2000) 1–21.
- [4] B. O'Regan and M. Grätzel, A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye sensitized colloidal  $\text{TiO}_2$  films, *Nature* 353, 737 - 740 (1991).
- [5] [http://www.treccani.it/enciclopedia/semiconduttori\\_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/semiconduttori_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)
- [6] [http://www.treccani.it/enciclopedia/semiconduttori\\_\(Enciclopedia-Italiana\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/semiconduttori_(Enciclopedia-Italiana)/)
- [7] Ricerca e Innovazione Responsabili in didattica. Il progetto IRRESISTIBLE, Serena Randazzo e Michele A. Floriano, *La Chimica nella Scuola*, XXXVIII, 1 2016, 37-48
- [8] *La Chimica e l'Industria* I anno XCVII n° I settembre/ottobre, 2015

[9] A. Mills, J. Wang and M. McGrady, Method of Rapid Assessment of Photocatalytic Activities of Self-Cleaning Films, *J. Phys. Chem. B*, 2006, 110, 18324-18331.

[10] A. Eisenkraft, Expanding the 5E Model, *Science Teacher*, Vol. September, 2003, 57-59

[11] R.W. Bybee et al., The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness, 2006.

## Dissalazione delle acque, intuizioni antiche

Maura Andreoni  
andreotti.andreoni@inwind.it

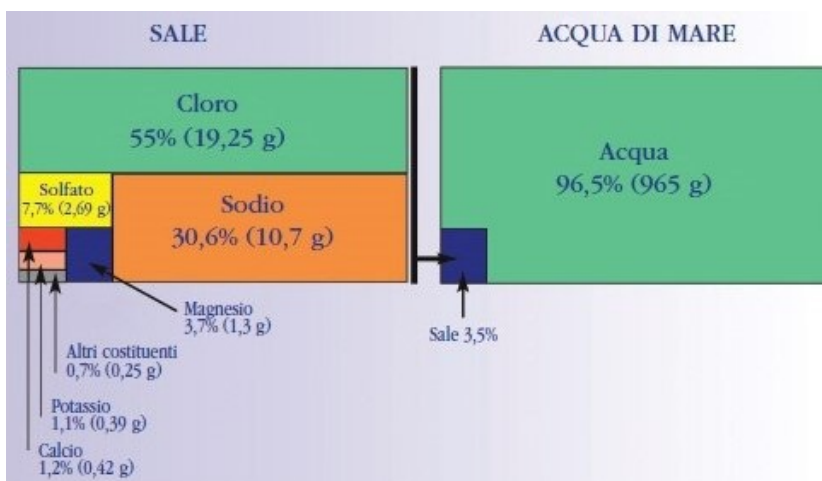
### Riassunto

*L'approvvigionamento adeguato di acqua potabile è sempre stato un fattore essenziale per la vita quotidiana in tutto il mondo e in tutte le epoche. Il problema è particolarmente sentito in navigazione e già nell'Antichità vari sono stati i tentativi di dissalare acqua di mare per ovviare al grande problema della sete durante le traversate.*

### Abstract

*The adequate procurement of drinking water has always been an essential point for the everyday life all over the world and in all the periods. The problem is particularly significant at sea and since Antiquity plenty have been the attempts to desalinate the sea water for solving the big problem of the thirst during navigation.*

Il termine “dissalazione” si riferisce a tutti quei procedimenti che consentono di frazionare una soluzione acquosa salina in due parti, una pura, o con una concentrazione notevolmente inferiore a quella della soluzione iniziale, l'altra più concentrata, perché contenente i sali residui. Il processo si applica principalmente alle acque salmastre o marine, allo scopo di ottenere acqua a basso contenuto salino da impiegare per uso civile o industriale.



L'acqua di mare contiene disciolti circa 35 grammi di sali per litro. Per dirla con gli Antichi, “[...] un sestario di sale con 4 sestari di acqua raggiungerebbero pienamente le proprietà naturali della più salata acqua di mare. Si pensa però che la cosa più giusta sia mescolare la suddetta quantità di acqua con 8 ciati di sale” (Plin. *Nat. Hist.* XXXI, 34. Il sestario equivaleva a 12 ciati e il ciato equivaleva al contenuto di una coppa o bicchiere da mensa).

L'acqua adatta a usi potabili o industriali non deve contenere più di 0,5 grammi di sali e quindi, per trasformare l'acqua marina in acqua potabile bisogna eliminare circa il 98 – 99% dei sali che l'acqua marina contiene.

Sebbene esperimenti recenti abbiano dimostrato che bere acqua di mare in una misura calcolata e graduale può perfino essere di un certo ausilio per i naufraghi (si veda a riguardo l'esperimento effettuato dal medico francese Alain Bombard che negli anni '50 del '900 decise di provare la propria teoria lasciandosi naufragare a bordo di un prototipo di gommone a vela nell'Oceano Atlantico), senza dubbio l'approvvigionamento adeguato di acqua potabile è sempre stato un fattore essenziale per la vita quotidiana in tutto il mondo e in tutte le epoche e già nell'Antichità vari sono stati i tentativi di dissalare acqua di mare anche per ovviare al grande problema della sete durante la navigazione. Chi non ricorda il grido disperato del vecchio marinaio della ballata di Coleridge "*Water, water everywhere, nor any drop to drink!*" (S.T. Coleridge, *La ballata del vecchio marinaio*, 1798) ...

A bordo delle navi infatti, più che la fame era temibile il problema della sete. In *Calliroe* di Caritone, un “romanzo” scritto tra il II e il III secolo i compagni del pirata Terone, colti dalla bonaccia in alto mare, muoiono di sete (*Cherea e Calliroe* III 3, 11-12) e nell'Antologia Palatina, celebre raccolta di epigrammi greci compilata a Bisanzio intorno alla metà del X secolo, si legge l'epitaffio di un marinaio morto per la stessa causa (*Anth. Pal.* VII 293).

In effetti, approvvigionarsi di acqua potabile era particolarmente difficoltoso sia per le navi militari che per quelle commerciali, e al problema del rifornimento si abbinava quello della conservazione.

Per questo già i marinai del passato sono stati esempio di grandi capacità di risoluzione di problemi con mezzi limitati.

Nell'antichità, l'acqua era stivata a bordo in speciali cisterne, *entheca*, che venivano riempite tramite tubazioni in terracotta, come quelle ritrovate nel relitto di Marzamemi II (III sec. d. C.) e Yassi Ada (Turchia, VII sec. d.C.).

Il rifornimento e il rinnovamento dell'acqua potabile si facevano o nei porti provvisti di riserve di acqua dolce e adeguati sistemi di pompaggio, o tramite la cosiddetta “acquata”, da effettuarsi dopo violenti acquazzoni presso determinati punti costieri minuziosamente indicati nei peripli e negli *itinerarii*, attraverso l'immissione di acqua piovana direttamente nelle *scap-*

*hae*, sorta di scialuppe, opportunamente fasciate nella superficie interna con grosse tele.

A bordo l'acqua era razionata e gestita dal *gubernator*. In genere, i contenitori più adatti per la piccola conservazione quotidiana dell'acqua erano quelli di vetro, come confermerebbe anche un passo dello storico bizantino Procopio (Procop., *Vand.* I, 14, 21-24).

Per quanto riguarda l'ottenimento di acqua potabile dall'acqua di mare, tra le fonti c'è un suggestivo miracolo biblico: "... Allora il popolo mormorò contro Mosè: Che berremo? Egli invocò il Signore, il quale gli indicò un legno. Lo gettò nell'acqua e l'acqua divenne dolce ..." (Es. XV, 22-24), ma le prime testimonianze relative alla comprensione umana del fenomeno sono alcune frasi di Aristotele (IV sec. a.C.) in "*Meteorologica*" (letteralmente '*Sulle cose che stanno in alto*'), dedicata a una serie di fenomeni naturali che hanno luogo nella regione compresa fra la Terra e il Cielo), che sembrano accennare ad esperimenti di dissalazione di acque salmastre o marine effettuati immergendo nel mare un vaso vuoto di cera o argilla ben chiuso per far sì che vi possa entrare, filtrata e privata dei sali (Arist., *Mete.* II, 2, 353 b 10; II, 2, 354 b 15).

Anche Aulo Irzio, luogotenente di Cesare, narra che Cesare stesso, per dissetare i soldati durante un assedio, suggerì di scavare dei pozzi vicino al mare dove fu trovata acqua non molto salata (Aul. Hirt., *Bell. Alex.*), ma ciò è dovuto solo alla presenza di falde di acqua dolce proveniente dall'interno e non certo al presunto effetto dissalante della sabbia.

E in un capitolo della sua *Naturalis Historia*, che peraltro apparentemente non c'entra nulla con esperimenti scientifici ("Rimedi dagli animali acquatici"), Plinio il Vecchio nel I sec. d.C. ribadisce la teoria di Aristotele "[...] Poiché spesso i naviganti soffrono per la mancanza di acqua dolce, esporremo anche i seguenti metodi per procurarsela. Si stendono attorno alla nave delle pelli di pecora che si inumidiscono assorbendo l'essalazione del mare e da queste si spremere il liquido dolce; oppure si calano in mare con reticelle delle palle di cera concave o recipienti vuoti turati, che raccolgono al loro interno acqua dolce. Infatti, a terra, l'acqua di mare filtrata dall'argilla diventa dolce. [...] (Plin., *Nat. Hist.* XXXI, 37). In pratica si tratta dello stesso procedimento usato, secondo Basilio di Cesarea, dai marinai del suo tempo (IV sec. d.C.) che strizzavano delle spugne in cui si era condensata l'evaporazione della sottostante acqua in ebollizione (Basil. *Hom. In Exaem.* 4, 7).

La teoria aristotelica naturalmente non è credibile, anche se si può ipotizzare che qualcuno in passato abbia filtrato l'acqua marina attraverso argille con qualche proprietà di scambio ionico ottenendo una certa diminuzione della salinità, ma fu ripetuta da molti commentatori fino al Medioevo.

L'idea straordinaria che dall'acqua di mare si possa ricavare acqua dolce mediante bollitura invece la si ritrova già in Ippocrate, medico greco del V sec. a. C., che generalizza la questione affermando che non solo l'acqua salata ma qualsiasi altra sostanza, dopo essere stata bollita diventa dolce (*De Aeris, Aquis et Locis* I, 48) e, molto più tardi, in *Geoponica*, opera di agronomia compilata nel X sec. a Costantinopoli (I, 57, 3).

Alcuni secoli dopo Plinio e Basilio, lo scienziato bizantino Giovanni Filopono (V sec.) commenterà in maniera più scientifica le parole aristoteliche descrivendo, in pratica, il principio del funzionamento di un dissalatore vero e proprio: *"Alcuni rendono potabile l'acqua di mare ponendo sopra un gran fuoco dei recipienti pieni di acqua marina e facendo condensare il vapore in adatti coperchi posti al di sopra"*.

Dall'VIII sec. d.C., le conoscenze scientifiche del mondo classico e le loro osservazioni furono assorbite dagli studiosi arabi che, a partire dal XII sec., tradussero e rielaborarono gli scritti degli Antichi, tramandandoli anche attraverso traduzioni in latino. In alcune opere latine o arabe del Medioevo si trova effettivamente qualche accenno a processi di dissalazione, ma è difficile dire se effettivamente qualcuno di questi processi sia stato applicato per ottenere effettivamente acqua potabile.

Soltanto a partire dal XVI secolo si hanno notizie di veri e propri distillatori di acqua marina costituiti da caldaie metalliche più o meno rudimentali e tubi per l'ingresso del vapore che, a contatto con l'aria fredda esterna, in parte condensava sotto forma di acqua dolce.

A partire dalla metà del secolo seguente, con la prima rivoluzione scientifica e le navigazioni a grandi distanze, il problema della trasformazione dell'acqua di mare in acqua dolce cominciò a diventare estremamente importante e venne affrontato con tecniche decisamente scientifiche.

### **Riferimenti bibliografici**

- Barba Diego, Liuzzo Giuseppe, Tagliaferri Giovanni. *La dissalazione per lo sviluppo economico*, Franco Angeli Ed. Milano, 1972.
- Birkett D. James. *The History of Desalination before Large-scale Use*, in DESWARE, *Encyclopedia of Desalination and Water Resources* vol. I, *History, Development and management of Water resources*, West Neck Strategies, Noblebor, USA, 2010.
- Berti Enrico. *Scienza greco-romana: Aristotele*, in *Storia della Scienza*, Enciclopedia Treccani 2001.
- Medas Stefano. *Lo Stadiasmo o Periplo del Mare Grande e la navigazione antica. Commento nautico al più antico testo portolanico attualmente noto*, Madrid, Universidad Complutense, 2008.

- Nebbia Giorgio, Menozzi Gabriella. *A short history of water desalination*, in *Acqua dolce dal mare*, II Inchiesta internazionale, FAST, Milano, 1967, pagg. 129-172.
- Rougé Jean. *Le confort des passagers à bord des navires antiques*, in "Archaeonautica" 4, 1984, pagg. 223-242.





# Activity for kids about “*Food Chemistry*” at “Bright 2015” (Night of Researchers)

Valentina Domenici

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Moruzzi 13, 56124 Pisa.  
E-mail: valentina.domenici@unipi.it

## **Abstract**

*This is a brief report of a didactic activity held in occasion of the Night of Researchers, Edition 2015, at the Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale (University of Pisa, Italy). In Tuscany, this European event was called “Bright” and the second edition will be held the next 30<sup>th</sup> of September 2016. This event has the aim to promote the research and the researchers among the general public, included young people and kids. This paper deals with a didactic activity planned for kids about food chemistry.*

**Keywords:** Chemical Education, Food Chemistry, Laboratory, Cooperative Learning, Brain storming, Game of the Goose, 6-12 years old.

## **1. Introduction**

The “European Night of Researchers” (*notte europea dei ricercatori*) is an event organized by the European Commission [1], with the aim of celebrating the work of the researchers. Every European country organizes several activities coordinated by various Institutions, Academies and Research Centres, but also Museums and Schools. All these activities are held at the same time in Europe, every year, in September. In 2015, this event was scheduled on the 25<sup>th</sup> of September. In Italy, the Tuscan Region Council coordinated and partially supported all activities under the logo “*Bright*” [2]. In Pisa, the University of Pisa, the CNR and the Scuola Normale Superiore were involved in the organization of didactic laboratories, expositions, conferences and guided visits to the main research laboratories, for adults and for young students. The *Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale* of the University of Pisa was also involved [3] and for a day (from 4 pm to 11 pm) it was possible for people to come in, to see and participate to several exhibitions. Families were invited to visit the Department, too. For this reason, part of the activities were devoted to kids (see Figure 1).

One of the activities for kids, named “**Chimica & Alimenti: Giochiamo con i nutrienti**”, was the result of the training and learning path of several



RICERCHE IN MOSTRA  
ESPERIMENTI  
ATTIVITÀ PER BAMBINI  
INTRATTENIMENTO

INCONTRIAMO I RICERCATORI DEL DIPARTIMENTO DI CHIMICA E CHIMICA  
INDUSTRIALE E SCOPRIAMO LE LORO RICERCHE

#### PROGRAMMA

**16:00** APERTURA

**16:00** APERTURA STAND SULLE ATTIVITÀ DI RICERCA

**16:00-19:00** LUDOTECA SCIENTIFICA\*: "CHIMICA & ALIMENTI: GIOCHIAMO CON I NUTRIENTI" (per bambini e ragazzi)

**19:00** PREMIAZIONE CONTEST FOTOGRAFICO

**19:00-20:00** LUDOTECA SCIENTIFICA\*: "LE MOLECOLE E GLI STATI DELLA MATERIA" (per bambini 6-10)

**19:00-22:00** INTRATTENIMENTO CON BAND MUSICALE "BENNOTTI & FRIENDS"

**21:00-22:00** LUDOTECA SCIENTIFICA\*: "LE MOLECOLE E GLI STATI DELLA MATERIA" (per bambini 6-10)

**22:00** CHIUSURA

DURANTE TUTTA LA DURATA DELLA MANIFESTAZIONE IL BAR ALL'INTERNO DELLA STRUTTURA RIMARRÀ APERTO

\*ATTIVITÀ LIMITATE AD UN MASSIMO DI 40 PARTECIPANTI

Maggiori informazioni navigando dal sito [www.unipi.it](http://www.unipi.it)

o in <http://www.unipi.it/index.php/unipieventi/event/2054-bright-2015>

**Figure 1.** Flyer of the activities held at the *Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale* of Pisa.

undergraduate students who attended the course of *Chemical Education* under my supervision. This activity centred on the discovery of macronutrients in food and the role of food for health and growth. Chemistry was presented to kids as a tool to learn and discover many aspects of everyday life. Kids were completely and actively involved in the play, which was built as a great "Game of the Goose". The whole activity was indeed structured in several steps, including laboratory experiments. The main methodologies adopted are the cooperative learning, brain storming and laboratory activi-

ties. Kids were divided in teams of about six members and each step of the activity corresponded to a number of points contributing to the final rank of the team. The activity was developed in the afternoon for three hours. At the end, the teams were awarded with small gadgets. Methods, scheme of the activity, educational aspects and relevant feedbacks are described in the following sections.

## 2. Methods and educational purposes

The present activity was designed by several undergraduate students during the course of Chemical Education, under my supervision. One of the objectives of the course is in fact the planning and the realization of a didactic path on a chemical topic chosen and developed for a specific target and a defined contest [4]. In this case, the contest is a very informal one, such as an open day or a special event as *Bright 2015*, and the target is centred on kids of an age ranging from 6 to 12 years old. The theme chosen by the students was food chemistry, since 2015 was the World Year of Nutrition and the EXPO (held in Milan) was dedicated to food [5].

The activity was structured and planned in detail, as described in the following section, in order to have all aspects, mainly logistic and educational ones, under control. The activity was planned to last about three hours for a maximum number of twenty five children. The needed materials, panels, instructions, laboratory equipment and reactants used to check the presence of nutrients in food were prepared carefully few days before the event (see Figure 2). The students also tried in advance several steps of the activity and tested their ability as tutors / animators.

The educational methods [6] of this activity are mainly:

1. **Brain storming.** None of the concepts is presented in a transmissive way. Kids need to be actively involved all the time. For this reason, the main chemical concepts related to food are the result of a brain storming process stimulated by appropriate questions. New words are introduced by the tutors pointing out the association between new words and those already known by kids. A board is used to underline these associations and clarify new concepts.
2. **Cooperative learning.** Most of the activity is related to a team game. Kids are divided in teams of about six kids. They have to decide who is the leader and who will give the answers to questions. All kids have some roles during the game, they have to discuss together and take decisions.
3. **Laboratory experiments.** During the *Game of the Goose*, kids have to perform simple experiments such as: Fehling test (to check the presence of monosaccharides), Iodine test (to check the presence of starch), a test to check the presence of proteins with biuret A and

biureto B solutions, and a miscibility test in oil to search for lipids [6]. All experiments are done with the supervision of the tutors, following clear instructions. Before starting the game, basic info about the safety standards are given by the tutors.

The whole activity takes place in an active and participating environment. It is very important that the room satisfies the safety conditions (with emergency exits, no dangerous edges, and so on). Of course, kids are invited not to run and to respect the rules. A good condition is that the activity is held in a large room. For instance, each team should have its own space, such as a table with enough chairs. A large space should be left in the middle of the room to play the *Game of the Goose*.

The students prepared a simple scheme to monitor several aspects of the activity, such as the degree of participation and satisfaction of kids, the presence of misconceptions, incorrect ideas or associations when talking about food, the language used by the kids, their ability to play together in a cooperative way, and so on.



**Figure 2.** Various steps of the preparation of the event: the undergraduate students were involved in the preparation of the materials, the lab equipment, reactants and other aspects of the activity.

### **3. Scheme of activities**

The activity named "**Chimica & Alimenti: Giochiamo con i nutrienti**" had the following time-schedule:

4 pm **Welcome**

4.15 pm **Introduction of the theme "Food Chemistry"**

4.35 pm **First part of the game "Associate food to its function"**

5.15 pm **Second part of the game "Game of the Goose"**

6.30 pm **Final part of the game and "award ceremony"**

The "Welcome" consists in welcoming the kids, asking their name and inviting them to prepare their own badge. Kids are then distributed in a circle by the animators who start making a play with them in order to create a friendly environment.

The theme of the activity is introduced in the next quarter by the animators who ask to kids what they know about food and its roles [7]. Several open questions are made such as: Why do you eat? What do you eat when you feel tired, or after a run? And so on. These questions were important to let kids be actively involved into the play. Part of the answers to these questions are written on a board and organized in order to let clear several concepts: 1. The main roles of food (energetic, plastic and regulatory); 2. What are the nutrients (macro and micronutrients) and why they are important for our health and growth.

Before starting the game, kids are divided in teams of about six members by the animators. Age of kids was taken into account in order to create balanced teams. Each team had to search a logo and paint it on a panel.

The first part of the game, named "Associate food to its function" consists in the following targets:

**1.** Each team has several cardboard tiles (from 10 to 15). On each tile kids has to paint a food among a large choice (vegetables, fruits, meat, fish, dairy products, eggs, legumes, cooked food but also water, olive oil, salt, beverages and so on) and to associate them a sentence or a question related to their function or to the presence of specific nutrients [8]. These tiles will be used to build the Game of the Goose (second part of the activity).

**2.** Each team can "use" a maximum of five "help" consisting of the possibility for the kids to be helped by the tutors in completing a tile. Each "help" counts for minus 2 points.

**3.** When the tiles are ready they are judged by the animator on the bases of the association made between the food and properties / nutrients. A correct association counts for 1 point, an incorrect association counts for 0 points.

After this part of the activity, the animators take all the tiles and build the Game of the Goose, putting the tiles in a certain order, adding some already prepared tiles and inserting at least ten "experiment tiles". The total number

of tiles should be around 60. These “experiment tiles” implies that when a kid is on them, his/her team has to perform a real experiment. Some examples of tasks are: “find out if onion contain sugar!”, “Do you know if pasta contains starch? Go to the Chemistry LAB and see.” or “Is the meat rich of proteins? Let’s go to the Lab!”.

The second part of the activity is the Game of the Goose. Kids play directly (they are the pawns along the game: see **Figure 3**). The pawn/kid plays for five die rolls and then there is the change of pawn/kid for each team. During the game, the teams have to answer to several questions or to make experiments with the help of tutors to go forward. At the end of the game (or when time is going to the end!) the tutors distribute the final points depending on the order of arrival and these points are summed to the previous scores.

The final part of the activity is a sort of award ceremony with small gadgets of the event.



**Figure 3.** Pictures of the activity with kids: the experiments with food and the play “Game of the Goose”.

#### 4. Feedback and conclusions

The present activity was held during the "European night of researchers", Bright2015, at the *Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale* in Pisa, on the 25<sup>th</sup> of September 2015. Total participants were 18 kids from 5 to 11 years old and the average age was of 8 years old. The activity was performed under the tutoring of five undergraduate students and me following the scheme reported above. The scientific topics of this activity are coherent with the teaching plan at Primary School [9], with educational methods appropriated to students of 6-11 years old. In particular, the active environment and interactive methods were preferred to present Chemistry, and more generally Science, as a tool to discover the external World and explain some aspects of the everyday life in a relatively simple way [10]. The feedback of this activity coming from the kids was positive: they were involved almost all the time, and they were active and receptive. The level of satisfaction during the various steps of the game was quite high. In general, youngest kids (4-7 years old) are easier to be stimulated than older ones: they participated with enthusiasm and attention. The 10-12 years old kids were more interested in the laboratory experiments than the other steps of the activity. In general, the answers of kids to questions related to food roles and functions were correct. Kids showed to be well informed about food education. Only 6 over 18 kids knew what are the nutrients and what is their importance for our health and growth. The use of colorimetric experiments to put in evidence the presence of nutrients in food was successful and appreciated by all kids. Experiments were simple to be performed and to be understood by most of the kids. Several concepts were repeated during the activity in different contexts and different ways. This aspect was important to let kids to be tuned with the topic without being annoyed. In this regard, the activity followed the three steps of the learning cycling approach [11]: "concept invention", "application" and "process of exploration".

A critical point of the activity was related to logistic, i.e the arrival of kids at different times during the event. Despite the booking to the activity was mandatory, few kids were on time and this required additional efforts by the tutors who had to repeat things and follow small groups of kids doing different things.

On the point of view of the undergraduate students, this activity had several merits: first, they had the opportunity to test their own educational project in a real environment by interacting with kids; second, they could find out positive and critical aspects of the activity, by analysing the feedback and discussing together how to improve it and get better results. The teaching cycle constituted by "reflecting on teaching /learning" – "modifying the pedagogy" – "assessing the success" [11] was tested and ap-

plied by the students successfully and the present report represents a further step of the adopted “research-based teaching practice” approach.

### **Acknowledgements:**

The students involved in the activities are Denise Atzori, Francesco Buti, Cristina Lazzerini, Martina Savona and Vanessa Cresta: their enthusiasm in the realization of the activity was very important for the success of the event.

### **References and web-sites:**

- [1] [http://ec.europa.eu/research/researchersnight/index\\_it.htm](http://ec.europa.eu/research/researchersnight/index_it.htm)
- [2] <http://www.bright-toscana.it/>
- [3] <https://www.unipi.it/index.php/unipieventi/event/2054-bright-2015>
- [4] <http://unimap.unipi.it/registri/dettregistriNEW.php?re=170243:::&ri=011511>
- [5] [www.expo2015.org/](http://www.expo2015.org/)
- [6] A.A.A., “*Teaching school chemistry*”, UNESCO (Ed. J. Waddington) 1984.
- [7] <https://www.teachervision.com/foods/science/56454.html>
- [8] [https://learningcenter.nsta.org/products/symposia\\_seminars/ACS/webseminar5.aspx](https://learningcenter.nsta.org/products/symposia_seminars/ACS/webseminar5.aspx)
- [9] W. Harlen, “*The teaching of Science in Primary School*”, David Fulton Publisher: 2000.
- [10] J. P. VanCleave, “*Chemistry for Every Kid*”, Wiley: 1989.
- [11] J. García-Martínez, E. Serrano-Torregrosa, “*Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends*”, Wiley: 2015, chapter 7.



## **Cultura della sicurezza negli ITI chimici: le criticità nei programmi di studio e nell'Esame di Stato**

*Perché la formazione alla sicurezza e alla prevenzione negli ITI per la chimica sia effettiva, è necessario superare, entro breve termine, alcune criticità dei programmi di studio e degli Esami di Stato.*

Giuseppe Poeta Paccati<sup>1</sup>

ISIS Giulio Natta Via Europa, 15 - Bergamo



### **Riassunto**

*Nell'articolo l'autore approfondisce gli argomenti di una precedente comunicazione<sup>2</sup> in cui ha evidenziato le criticità che ostacolano lo sviluppo dei percorsi formativi in materia di sicurezza negli ITI per la Chimica. Il perdurare di questa situazione può definitivamente consolidare nelle scuole l'idea che le competenze di sicurezza siano solo marginali e che, quindi, non richiedano particolari investimenti didattici. Per evitare che ciò avvenga, secondo l'autore è soprattutto necessario che nelle seconde prove dell'Esame di Stato siano previste domande a risposta obbligatoria sulla sicurezza. Inoltre, l'editoria scolastica dovrebbe pubblicare manuali aggiornati con i nuovi contenuti e, nei programmi delle discipline, dovrebbero essere indicati gli argomenti "specifici" di sicurezza da svolgere. Con l'intento di contribuire alla definizione di un percorso formativo sulla sicurezza dei processi chimici, l'autore descrive l'attività didattica da lui svolta nella materia di Tecnologie Chimiche Industriali in un Istituto Tecnico Industriale per la Chimica.*

### **Abstract**

*In the article the author explores the topics of a previous paper, in which*

1. E-mail: poeta.paccati@gmail.com

2. Poeta Paccati Giuseppe, "La formazione di una cultura della prevenzione e le norme di riordino degli ITI", *CnS, La Chimica nella Scuola*, Anno XXXVII, N. 3, luglio - agosto 2015, p. 5.

*he highlighted the critical issues that obstruct the development of educational paths concerning security in the Technical Institutes for Chemistry. The persistence of this situation can consolidate in schools, definitely, the idea that security skills are secondary, and that, therefore, there is no need of specific educational actions. To prevent this, according to the author it is especially necessary that the second written tests of the Exam of State it are planned to compulsory security answer questions. Moreover, the educational publishing should publish textbooks updated with the new contents and in the school curricula should be given the security "specific" arguments to carry out. Aiming at giving an example of a possible educational path on chemical process safety, the author describes the teaching activity he has done in the school subject of Industrial Chemical Technologies in a Technical Institute for Chemistry.*

### **1. La situazione attuale**

Il riordino della Scuola secondaria superiore<sup>3</sup> ha ridisegnato il profilo educativo, culturale e professionale dello studente degli ITI e dei Licei con l'obiettivo di contribuire, in modo rilevante, a fare entrare i concetti di sicurezza e di benessere nella cultura della società moderna affinché essi assumano una sempre maggiore importanza nell'organizzazione delle attività umane, specialmente nei processi produttivi e nella formazione dei lavoratori.<sup>4</sup>

È importante rilevare che già il Testo Unico delle Leggi di Sicurezza sul Lavoro, il D. Lgs. 81/2008, prevede l'inserimento nei programmi scolastici e universitari dell'insegnamento concernente la salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, riconoscendo così un ruolo fondamentale e istituzionale della scuola e dell'università nella creazione, tra i giovani, di competenze e di consapevole sensibilità in tema di salute e sicurezza necessarie per affrontare il loro futuro lavorativo.

Questa nuova prospettiva educativa deve tenere in stretta considerazione:<sup>5,6</sup>

3.[http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id\\_m=8089&id\\_cnt=10814](http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id_m=8089&id_cnt=10814)

4. Poeta Paccati Giuseppe, "Sicurezza e prevenzione nel riordino della scuola secondaria superiore: il ruolo degli Istituti Tecnici Chimici", CnS, La Chimica nella Scuola, Anno XXXIV, N. 4, 2012, pp. 164 - 171.

5. MIUR, Istituti Tecnici, Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento, secondo biennio e quinto anno, (DPR 15 marzo 2010, art 8, c. 3), p. to 2.4, "La formazione alla sicurezza e al benessere nei luoghi di lavoro", pp. 17 - 18.

6. MIUR, Allegato A.2, "Declinazione dei risultati di apprendimento in conoscenze e abilità per il secondo biennio e quinto anno", materia di Tecnologie Chimiche Industriali, pp. 210 - 211 in: MIUR, Istituti Tecnici, Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento.

– Il corredo culturale tecnico-scientifico legato alla sicurezza negli ambienti di vita e di lavoro e alla salvaguardia dell'ambiente;

– la sicurezza intesa come valore fondante la cultura etico-professionale degli allievi e da perseguire attivamente e non come un "lusso formativo" complementare o addizionale alle altre attività scolastiche;

– la multidisciplinarietà dei temi di prevenzione e, per questa ragione, tutte le discipline, ciascuna con i suoi specifici contenuti e statuti epistemologici, devono contribuire alla progettazione e alla realizzazione dell'integrazione dei contenuti di prevenzione nei normali programmi educativi.<sup>7</sup>

In particolare:

*"Nel secondo biennio e quinto anno l'accento è posto sulla sensibilizzazione alla sicurezza nei luoghi di lavoro e sono innestati gli strumenti cognitivi ed esperienziali necessari all'agire sicuro e responsabile nelle attività professionali tipiche di ciascun indirizzo di studio".*

Inoltre:

*"Affinché le competenze sulla sicurezza siano saldamente acquisite è necessario che lo studente "metabolizzi" un concetto nuovo, che pone alla base della funzionalità di apparati, impianti e processi non solo le leggi scientifiche ma anche le leggi vigenti in materia di sicurezza personale e ambientale".<sup>8</sup> In quest'ottica, "Tutte le competenze sulla sicurezza nascono dall'associazione degli apprendimenti di carattere tecnico-scientifico, di carattere normativo costituendo un fertile terreno d'incontro fra i saperi scientifico-tecnologici e storico-sociali".<sup>9,10</sup>*

L'obiettivo è soprattutto quello di far comprendere che non si tratta di favorire semplicemente l'acritico apprendimento di norme, disposizioni e procedure per un malinteso e burocratico ossequio agli obblighi di legge. Si tratta, invece, di contribuire, efficacemente, alla formazione della "cultura della sicurezza" intesa come la "coltivazione" di tanti saperi e della capacità di abitarli e utilizzarli in modo creativo per modificare la norma sociale affinché si producano una nuova *storia* e una nuova *forma* del Paese.

---

7. Si sottolinea che i temi dei rischi d'incidenti che si verificano nei sistemi ad alto contenuto tecnologico dei settori energetico, chimico, biotecnologico e biomedico e lo studio della loro "cause" trova fecondi strumenti d'analisi in discipline quali la sociologia, diritto ed economia e la filosofia.

8 MIUR, "Istituti Tecnici, Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento".

9 Ibidem.

10 L'integrazione tra parentesi quadre e le sottolineature sono mie.

## **2. Le due criticità**

### **1a criticità: l'Esame di Stato**

In nessuna delle ultime due edizioni dell'Esame di Stato, - contrariamente a quanto sarebbe stato auspicabile che avvenisse visto che il nuovo ordinamento era già in vigore - i temi della prima e seconda prova non prevedevano argomenti inerenti i temi dei rischi e della loro prevenzione, né dal punto di vista tecnico-scientifico, né da quello etico-sociale.

### **2a criticità: l'editoria scolastica e i nuovi manuali**

I libri di testo per la materia Tecnologie Chimiche Industriali oggi disponibili non tengono in sufficiente conto dei nuovi contenuti di sicurezza, salute e prevenzione previsti nelle Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento.<sup>11,12</sup> Nel caso dei testi delle articolazioni di Biotecnologie Ambientali e Biotecnologie Sanitarie è, invece, evidente lo sforzo degli editori di pubblicare manuali aggiornati con i nuovi contenuti anche se, anch'essi, non sono esenti da lacune. Ad esempio, la materia denominata "Igiene, Anatomia, Fisiologia, Patologia"<sup>13</sup> è quella in cui potrebbe trovare la sua naturale collocazione l'importante argomento delle "malattie professionali". Al contrario, esso non compare né nelle Linee Guida, né nei testi scolastici. L'introduzione di questo argomento, invece, consentirebbe di far apprendere agli allievi, oltre alle consuete basi fisiopatologiche della malattia, la possibilità che questa possa anche avere un'eziopatogenesi professionale.

Anche i contenuti di farmacologia, soprattutto quelli quantitativi, sono carenti, mentre questa disciplina dovrebbe essere studiata in tutte e tre le articolazioni dell'indirizzo di Chimica dei Materiali e Biotecnologie perché essa dà le competenze scientifiche necessarie per comprendere. Anche i contenuti di farmacologia, soprattutto quelli quantitativi, sono carenti, mentre questa disciplina dovrebbe essere studiata in tutte e tre le articolazioni dell'indirizzo di Chimica dei Materiali e Biotecnologie perché essa dà le competenze scientifiche necessarie per comprendere come le so-

---

11. MIUR, *Istituti Tecnici, Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento, secondo biennio e quinto anno*, (DPR 15 mar. 2010, art 8, c. 3), p. to 2.4, "La formazione alla sicurezza e al benessere nei luoghi di lavoro", pp. 17-18.

12. MIUR, Allegato A.2, "Declinazione dei risultati di apprendimento in conoscenze e abilità per il secondo biennio e quinto anno", materia di Tecnologie Chimiche Industriali, pp. 210 - 211 in: MIUR, *Istituti Tecnici, Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento*.

13. Indirizzo di Biotecnologie Sanitarie.

stanze chimiche, interagendo con gli organismi viventi, possono esercitare un effetto farmacologico e tossicologico, nel caso di farmaci e droghe, ma anche ecotossicologico nel caso degli xenobiotici distribuiti nei comparti ambientali.

Per quanto riguarda gli argomenti di tipo "ecotossicologico" e "ambientale",<sup>14</sup> essi sono presenti, com'è logico aspettarsi, nei programmi dell'articolazione di Biotecnologie Ambientali e, anche se in misura minore, in quelli dell'articolazione di Biotecnologie Sanitarie. Meno giustificabile, invece, è la loro assenza dai programmi dell'articolazione di Chimica dei Materiali.

In particolare, il caso della materia di Tecnologie Chimiche Industriali è particolarmente critico perché gli argomenti sul rischio dei processi chimici di tipo chimico-fisico<sup>15</sup> non trovano un adeguato riscontro nel programma del nuovo ordinamento<sup>16</sup> né sono presi in esame e sufficientemente approfonditi nei testi oggi adottati per questo insegnamento.<sup>17</sup>

### 3. Conseguenze possibili

La mancanza di una verifica delle competenze di sicurezza degli allievi degli ITI dell'indirizzo di Chimica dei Materiali e Biotecnologie in occasione dell'Esame di Stato che è il traguardo fondamentale del loro percorso scolastico e la carenza di testi scolastici aggiornati e l'incompletezza dei programmi nel caso, soprattutto, delle materie dell'articolazione di Chimica dei Materiali, faranno sì che, nelle scuole, si confermi, definitivamente, la convinzione che l'insegnamento in materia di rischi e prevenzione sia soltanto un "lusso formativo" e che, pertanto, non

---

14 Si vedano, ad esempio, quelli riportati più avanti nella seconda colonna della Tab. 1.

15 Si vedano, ad esempio, quelli riportati più avanti nella prima colonna della Tab. 1.

16 MIUR, Allegato A.2, "Declinazione dei risultati di apprendimento in conoscenze e abilità per il secondo biennio e quinto anno".

17 Si sottolinea che già nel 1989 era stato pubblicato un testo ad uso degli studenti di ingegneria chimica sui rischi chimico-fisici e ambientali dell'industria chimica: Pasquon Italo, *Rischi potenziali sicurezza e protezione ambientale nell'industria chimica*, CLUP, Milano, 1989. Dal 1993 questo testo con modifiche entrerà a far parte del trattato in più volumi di Chimica Industriale AA.VV., *Principi della chimica industriale* con il titolo: Pasquon Italo, Pregaglia Gianfranco, *Principi della chimica industriale vol.4, Rischi potenziali, sicurezza e protezione ambientale nell'Industria chimica*, Città Studi Edizioni, Milano, 1993.

sia opportuno distogliere gli sforzi didattici dagli argomenti del programma ritenuti prioritari.<sup>18,19,20</sup>

Questa situazione d'inadeguatezza è ancora meno comprensibile se si tiene conto che sono proprio le industrie e le aziende di servizio che necessitano di profili professionali in grado di gestire strumenti organizzativi, legislativi, di analisi e di progettazione in materia di ambiente, salute e sicurezza nell'industria di processo.<sup>21,22</sup>

#### **4. Cosa fare?**

– Il MIUR: dovrà introdurre nella seconda prova dell'esame di stato delle tre articolazioni, Chimica dei Materiali, Biotecnologie Ambientali e Biotecnologie Sanitarie, quesiti a risposta obbligatoria, sui temi di prevenzione.<sup>23</sup>

– Le scuole: facendo riferimento alle indicazioni contenute nelle linee guida per il passaggio al nuovo ordinamento, dovranno indicare, nelle programmazioni didattiche disciplinari, i contenuti specifici di sicurezza che s'intendono svolgere nelle diverse materie. Gli approfondimenti disciplinari su questi temi hanno un ruolo specifico negli ITI perché è a essi che "è affidato il compito di far acquisire agli studenti le competenze necessarie al

---

18. Poeta Paccati Giuseppe, "La scuola, luogo strategico per la formazione e diffusione della cultura della sicurezza e dell'igiene sul luogo di lavoro", *Dossier Ambiente* N. 39, "ScuolaPiùSicura", settembre 1997, Associazione Ambiente e Lavoro, Milano.

19. Poeta Paccati Giuseppe "La scuola: luogo strategico per la formazione e la diffusione della cultura della sicurezza e dell'igiene sul luogo di lavoro", in: *Verbania Chem: Insegnare Chimica, oggi*, Tiziano Pera, *Atti X Congresso Nazionale DD-SCI*, Verbania, SCI sez. Piemonte, 6-9 novembre 1996, pp. 295 – 305.

20. Poeta Paccati Giuseppe, "Scuola e cultura della sicurezza, della prevenzione e della salute sui luoghi di lavoro: problemi e prospettive", in: *AAVV, 3° Convegno: Chimica e Sicurezza nei Laboratori, GISAC, SCI, FAST*, P. le R. Morandi, 2 - Milano 27 nov. 1998.

21. Ad esempio, i dipartimenti "HSE" (Health, Safety and Environment), sono responsabili per la tutela dell'ambiente, la salute e la sicurezza sul lavoro. La decisione delle aziende di gestire le tematiche HSE in maniera integrata dipende dalla necessità che esse hanno di perseguire una strategia di qualità totale e dalle analogie organizzative e di condotta manageriale che caratterizzano l'igiene, la sicurezza sul lavoro e la protezione ambientale.

22. Oggi assistiamo alla sempre maggiore diffusione di Corsi di Laurea e Master in Scienza e Ingegneria della Sicurezza.

23. Se per condurre un veicolo a motore si deve certificare la conoscenza delle "norme di sicurezza sulla strada" conseguendo la patente di guida, perché non certificare anche la conoscenza delle "norme di sicurezza sul lavoro"

mondo del lavoro e delle professioni, oltre alle capacità di comprensione e applicazione delle innovazioni che lo sviluppo della scienza e della tecnica continuamente produce".<sup>24</sup> Pertanto, in tutti i percorsi dell'istruzione tecnica, "la sicurezza è un valore da perseguire attivamente, attraverso le attività di progettazione, produzione, costruzione, gestione e organizzazione, svolte nel rispetto di criteri, regole e leggi dello Stato, secondo il principio che la sicurezza è un valore intrinseco e non complementare o addizionale alle attività".<sup>25</sup>

– L'editoria scolastica: dovrà mettere a disposizione delle scuole nuovi manuali che siano adeguatamente aggiornati e integrati con i contenuti oggi mancanti.

– Le associazioni scientifiche: concordando sugli aspetti critici qui evidenziati, dovranno promuovere, prima possibile, le necessarie iniziative per contribuire alla loro soluzione. La Società Chimica Italiana è nota per il suo impegno nella diffusione dei temi etici della scienza e della tecnologia e di una nuova concezione della chimica capace di promuovere lo sviluppo sostenibile progettando e realizzando nuovi prodotti e nuovi processi ecocompatibili. È evidente, però, che nessun processo può essere considerato "sostenibile" se non è, prima di tutto, un processo "sicuro."

## 5. Una sperimentazione didattica<sup>26</sup>

Trevor Kletz, autorevole esperto di sicurezza industriale, sostenne che: "If you are a teacher, use the incidents to tell your students why accidents occur, and use the incidents to illustrate scientific principles",<sup>27</sup>

Condividendo quest'aforisma, da alcuni anni svolgo, in via sperimentale, un percorso didattico sui rischi nelle industrie di processo nelle classi quarte e quinte dell'articolazione di Chimica dei Materiali, nella materia di "Tecnologie Chimiche Industriali". Questa disciplina, infatti, essendo quella più direttamente collegata alle problematiche dell'industria, è la più adatta ad ospitare gli argomenti di sicurezza e prevenzione degli incidenti nella chimica di processo.

---

24. MIUR, *Istituti Tecnici, Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento*.

25. *Ibidem*.

26. Per altre informazioni: <http://www.nattabg.gov.it/educazione-sicurezza-ambiente/programmi-didattici-e-sicurezza/>.

27. Trevor Kletz, 1922-2013. Chimico, docente e scrittore fu un autorevole esperto dei rischi nell'industria che ebbe un profondo impatto sulla sicurezza della chimica di processo. Introdusse il concetto di "sicurezza intrinseca" e fu il maggior promotore del metodo di analisi di pericolo e operabilità "HAZOP", (HAZard and OPerability analysis).

Nelle classi quarte ho trattato i rischi di tipo "*chimico - fisico*" (reattività, esplosioni, incendi, sostanze instabili ecc.). Nelle classi quinte, invece, ho sviluppato i temi dell'*ecotossicologia* e del *rischio ambientale* (produzione, dispersione, bioaccumulo, danni e depurazione degli xenobiotici). Dal punto di vista didattico ho adottato i metodi interattivi di apprendimento collaborativo (*cooperative learning*) e il *lavoro per gruppi*.

Nella Tabella 1 sono riassunti gli argomenti svolti e qualche nota sulla didattica impiegata. Non è possibile riportare qui la descrizione dettagliata dei contenuti specifici di ciascun argomento, né quella delle attività sperimentali da condurre in laboratorio. Questi aspetti sono pertanto rimandati a un'eventuale prossima comunicazione.

**Tabella 1.** Elenco dei principali argomenti sulla sicurezza dei processi chimici svolti nelle classi 4a e 5a, nella materia di Tecnologie Chimiche Industriali, articolazione di Chimica dei Materiali, indirizzo di Chimica dei Materiali e Biotecnologie.

Classe 4a	Classe 5a	Aspetti didattici
1. Etica del lavoro, Costituzione e Cittadinanza, responsabilità sociale nella sicurezza.	1. Regolamenti REACH e CLP. Sostanze Very High Concern, SVHC: CMR, PBT, vPvB, ED.	- Lezioni frontali. - Didattica di apprendimento cooperativo.
2. Le cause degli incidenti, infortuni, disastri: confronto teorie. Cause prossime e remote, rete di causazione.	2. Xenobiotici ambientali, farmaci, stupefacenti. Reti trofiche e contaminazione alimenti.	- Esame collegiale di casi. - Esercitazioni sugli argomenti svolti.
3. "Near miss accidents" Heinrich e le distribuzioni frequenza incidenti differente gravità. Il programma OBSERVER di Federchimica.	3. Farmacocinetica xenobiotici: ADME, Organi bersaglio. Valori limiti soglia ACGIH. Cinetiche di eliminazione farmaci, droghe, xenobiotici ambientali.	- Uso di software di calcolo termochimico. - Consultazione di banche dati termochimici, tossicologici e ecotossicologici.
4. Rischi nell'industria di processo. Incidenti rilevanti, legge "Seveso". Norme ATEX.	4. Farmacodinamica xenobiotici. Grafici dose-risposta. DL50, indice di sicurezza farmaci.	- Proiezioni di filmati di taluni rischi specifici e incidenti industriali (CSB-USA). - Redazione di report sui casi studiati.
5. Esplosioni "fisiche", RPT, BLEVE. Fattore di espansione.	5. Sperimentazione in vivo e in vitro, aspetti scientifici, normativi ed etici.	- Verifiche di apprendimento: presentazione di casi. - Presentazione degli studi di casi in convegni di settore.
6. Esplosioni "chimiche". Incendi, esplosioni di miscele gassose. UVCE.	6. Chimica e tossicologia degli aggressivi bellici. Etica della ricerca, da Haber ai gas nervini.	
7. Spazi confinati e rischi atmosfere sovraossigenate e sottossigenate: effetti fisiologici e infiammabilità.	7. Ecotossicologia, POPs, trasporto a lunga distanza, effetto "grasshopper". Mutamenti climatici e composizione atmosfera.	- Partecipazione a convegni di settore. - Attività in alternanza scuola-lavoro in strutture del territorio su progetto condiviso sui temi di: ambiente, alimenti, acqua, rischi industria di processo e in laboratorio. - Visite a strutture di ricerca sul rischio industria chimica ed ecotossicologia.
8. Rischio asfissia (per esclusione di O <sub>2</sub> ) con gas inerti e agenti estinguenti (CO <sub>2</sub> , Freon, N <sub>2</sub> ecc.).	8. Bioaccumulo, bioconcentrazione e biomagnificazione. Farmacodinamica xenobiotici organici e inorganici. Mutagenesi ambientale. Test di Ames.	
9. Decomposizioni esplosive. Composti "endotermici" termodinamicamente instabili. (Es. incidenti: fulminato d'argento, AZF Tolosa, Oppau, perossidi ecc.).	9. Costante di ripartizione n-ottanolo/acqua (K <sub>ow</sub> ) e previsione bioaccumulo.	
10. Esplosivi e propellenti civili e militari. Sostanze ipergoliche.	10. Correlazione di H. Meyer e C. E. Overton (caso anestetici). Coefficiente di bioconcentrazione BCF. Equazioni di correlazione $BCF = f(K_{ow}, DL_{50})$ .	
11. Reazioni fugitive Disastri di Texas City, Seveso, Bhopal.	11. Metodi QSARs (struttura-attività) di previsione ecotossicità.	
12. Esplosioni di polveri: organiche e metalliche.	12. Biorimediazione. Cinetiche di biodegradazione, fotodegradazione e ozonazione xenobiotici.	
13. Studio di casi: sistemi tecnologici complessi, industria chimica, nucleare, trasporti, biotecnologie. Laboratori didattici e di ricerca.	13. Studio di casi: progetto SENTIERI, contaminazione ambiente, alimenti, uomo.	



Il MIUR, avvalendosi della collaborazione dell'agenzia ANSAS<sup>28</sup> e dell'istituto INVALSI<sup>29</sup>, svolge un periodico monitoraggio sullo stato di applicazione delle Linee Guida con il fine di garantire la loro permanente innovazione. L'autore auspica che, nel prossimo futuro, le proposte sopra riportate siano tenute nella dovuta considerazione adeguando i programmi delle materie e i temi dell'Esame di Stato dei corsi degli Istituti Tecnici per la chimica.

## **6. Conclusione**

Il nuovo profilo educativo, culturale e professionale degli studenti degli ITI per Chimici (e dei Licei) prevede che i temi della prevenzione dei rischi, della sicurezza e tutela dell'ambiente siano valori fondanti la cultura professionale ed etica degli allievi. Essi sono da perseguire attivamente e non essere considerati solo un "lusso formativo" complementare o addizionale alle altre attività scolastiche giudicate più importanti. È quindi importante che, già nelle prove d'esame predisposte dal MIUR (prima e seconda prova), gli allievi siano chiamati, obbligatoriamente, a discutere temi di sicurezza e di prevenzione. In caso contrario è forte il rischio che, negli ITI Chimici, continui a prevalere la convinzione che non sia utile dedicare sforzi educativi su questi temi e che, per questo, non sia necessario integrare e aggiornare i programmi delle discipline né i libri di testo adottati. Si auspica che la Società Chimica Italiana, che è tra le più autorevoli associazioni scientifiche, vorrà assumersi il compito cruciale di sostenere questi cambiamenti per contribuire alla necessaria innovazione dei percorsi formativi auspicata dal MIUR stesso.<sup>30</sup>

---

28 ANSAS: Agenzia Nazionale per lo Sviluppo dell'Autonomia Scolastica, è il soggetto promotore di ricerca educativa e di innovazione didattica con lo scopo di sostenere l'autonomia delle istituzioni scolastiche nell'ambito del sistema scolastico e favorire l'interazione con il territorio. Essa ha il compito di documentare e diffondere le innovazioni prodotte dalle scuole, di offrire formazione in campo pedagogico e nello stesso tempo di promuovere e valorizzare la ricerca e la progettualità in campo nazionale ed internazionale. L'attivazione di servizi di raccolta di documentazione e di diffusione delle innovazioni prodotte dalle scuole.

29 INVALSI: Istituto Nazionale per la VALutazione del SItema educativo di istruzione e di formazione, è l'ente di ricerca sugli aspetti valutativi e qualitativi del sistema scolastico.

30 Art. 2, Direttiva n. 4 del 16/1/2012 in materia di Linee Guida per il secondo biennio e quinto anno per i percorsi degli ITI a norma dell'art. 8, comma 3, del DPR 15 marzo 2010, n. 88

### **Bibliografia**

– Kletz Trevor, Safety Adviser, ICI, 1968-1982.

### **Sitografia**

<http://banner.orizzontescuola.it/LLGG%20triennioIT.pdf> pag. 17.

<http://www.nattabg.gov.it/educazione-sicurezza-ambiente/programmi-didattici-e-sicurezza/>

<http://www.flcgil.it/leggi-normative/documenti/direttive/direttiva-ministeriale-4-del-16-gennaio2012-documento-tecnico-linee-guida-istituti-tecnici.flc>

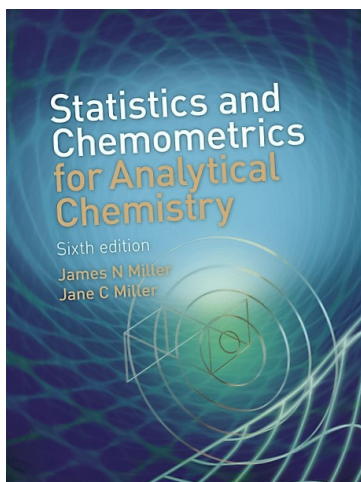
## Recensione

### *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry* 6<sup>th</sup> edition

Francesco Caruso

Universitetet i Oslo, Institutt for arkeologi, konservering og historie,  
Group of Conservation, Frederiksgate 3, 0164 Oslo, Norvegia

**Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, 6<sup>th</sup> edition**  
James N. Miller e Jane C. Miller,  
Prentice Hall: Harlow, UK, 2010.  
296 pagg. ISBN 978-0-273-73042-2  
(brossura). £48.99; eBook £38.99.



Sebbene pubblicato nel 2010, la sesta edizione di *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry* di J.N. Miller e J.C. Miller costituisce una grande opportunità per i docenti di chimica (e – più in generale – di materie scientifiche) universitari.

Un paio d'anni or sono, cercavo un libro per fornire concetti di base di statistica a studenti di dottorato in chimica fisica applicata, con diversi background scientifici e ingegneristici. È stato allora che ho trovato questo eccellente ed agile testo (a tutto ottobre 2016, citato più di 3700 volte secondo Google Scholar). L'ho utilizzato per un reading club bimestrale, dove io ed alcuni studenti abbiamo risolto e commentato tutti gli esercizi in ogni capitolo.

Il libro ha 296 (xvi + 278) pagine ed è strutturato in 8 capitoli. Rispetto alla precedente, le caratteristiche principali di questa edizione sono: un paragrafo introduttivo sulla statistica bayesiana (capitolo 3), una sezione sulla validazione di metodi (capitolo 4), una trattazione più dettagliata dei metodi non parametrici e robusti (capitolo 6) e design sperimentale (capitolo 7).

Il capitolo 1 (“Introduction”) tratta il linguaggio di base della statistica per il lavoro di laboratorio. Fornisce al lettore la differenza tra errore grossolano, casuale e sistematico e i concetti di precisione, esattezza, ripetibilità, riproducibilità, distorsione (bias) e accuratezza (in accordo alle più recenti definizioni ISO e BIPM). In maniera interessante, il paragrafo 1.6 e gli esempi al suo interno avvisano il lettore dei rischi dell’approccio “una variabile alla volta” (“one at a time”) e gettano le fondamenta del capitolo 7 sul Design of Experiments (DoE).

A mio modesto avviso, le vere gemme didattiche di questo libro sono i capitoli 2 e 3 che trattano la statistica di base e i test per il lavoro di laboratorio.

Il capitolo 2 affronta la statistica delle misure ripetute (“Statistics of repeated measurements”). Dopo aver fornito i concetti fondamentali di media e deviazione standard, gli autori illustrano la differenza tra popolazioni e campioni, e i simboli ad essi associati. Quest’argomento viene spesso trascurato e trattato in maniera poco chiara nei principali testi di chimica analitica.

Il capitolo 3 esamina i test di significatività (“Significance tests”), esordisce dando la definizione di ipotesi nulla ( $H_0$ ) e continua descrivendo – con esempi appropriati – i principali test statistici (inclusi quelli per i valori anomali/aberranti o outlier) per la pratica di laboratorio. L’analisi della varianza (ANOVA) viene pure trattata in questa sede (paragrafi 8-10). Il contenuto del capitolo è efficacemente riassunto dalla tabella e dal diagramma di flusso nell’appendice 1. Il paragrafo sulla statistica bayesiana non è, invece, così chiaro come il resto del capitolo. Alla luce della sua importanza nella moderna chimica analitica, suggerirei agli autori una profonda revisione per l’edizione successiva.

Il capitolo 4 prosegue con la qualità della misura analitica (“The quality of analytical measurements”). Gli autori presentano qui il concetto di qualità – inteso come adeguatezza allo scopo della misura analitica (“fitness of purpose”) – e le importanti carte di controllo di tipo Shewhart. L’elenco puntato riguardante le caratteristiche necessarie alla validazione del metodo (paragrafo 15) è particolarmente ben fatto, specialmente se si è coinvolti in uno studio interlaboratoriale.

Il capitolo 5 tratta i metodi di calibrazione nell’analisi strumentale. Tutti coloro che si avvicinano ad un metodo strumentale dovrebbero leggerlo. Il capitolo aiuta a fornire risposte ad alcune delle domande che possono sorgere (specialmente sulle regressioni) quando si comincia a lavorare con gli aspetti quantitativi delle tecniche strumentali. Trovo che la posizione del capitolo 4 non sia particolarmente felice. Avrei invertito la sua posizione con quella del capitolo 5, ma comprendo il leitmotiv dei capitoli 3–7 nelle intenzioni degli autori.

Nel capitolo 6, viene presentato un altro argomento di grande interesse in chimica analitica: i metodi non parametrici e robusti (“Non-parametric (or distribution-free) and robust methods”).

Il capitolo 7 è il primo (dei due) sulla chemiometria. Tratta il DoE e i metodi di ottimizzazione. Apprezzo gli sforzi degli autori nel cercare di introdurre questi argomenti di primaria importanza – e, sfortunatamente, ancora abbastanza impopolari – nel laboratorio moderno. Tuttavia – quando penso agli aspetti didattici – devo ancora trovare qualcosa di più chiaro ed immediato dell’eccellente tutorial recentemente pubblicato da Leardi (Leardi, 2009).

Il capitolo finale affronta l’analisi multivariata (“Multivariate analysis”). I principali metodi chemiometrici (PCA, analisi dei gruppi, LDA, PCR ed altri) vengono qui presentati e commentati.

I capitoli 7 e 8 costituiscono una base teorica soddisfacente per familiarizzare con gli aspetti fondamentali della chemiometria (e sono convinto che questo fosse l’intento principale degli autori). Ciononostante, penso che non siano sufficienti per fini operativi e che altre letture (sebbene non così chiare come questo libro) debbano seguire.

Ogni capitolo si conclude con una buona serie di esercizi, una bibliografia essenziale ed altre risorse. Molti esempi che sfruttano software come Excel o Minitab sono presenti in tutto il libro. Inoltre, molti degli esempi proposti contengono dati reali presi da articoli pubblicati sulla rivista “Analyst” della RSC.

Lo stile di scrittura degli autori è accattivante e coinvolgente (per quanto possa esserlo un libro sull’argomento!). La grafica a due colori facilita molto la leggibilità del testo, con un uso intelligente del grassetto e dei box di chiarimento. Sulla pagina web del testo, sono disponibili (per il docente) l’Instructor’s manual e le diapositive in PowerPoint delle figure del testo.

Concludendo, il testo di Miller e Miller è una risorsa inestimabile per ogni corso di laurea in chimica e – più in generale – per ogni studente che intenda perseguire la ricerca scientifica/ingegneristica accademica o industriale. Infine, i primi tre capitoli dovrebbero costituire una lettura obbligatoria prima dell’ingresso in un qualsiasi laboratorio scientifico a livello universitario.

### **Riferimenti bibliografici**

Leardi, R. (2009). Experimental design in chemistry: A tutorial. *Analytica Chimica Acta*, 652(1–2), 161–172. <http://doi.org/10.1016/j.aca.2009.06.015>

# Federchimica per la Scuola

Luigi Campanella



*Riservato agli studenti di  
SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO\*  
ANNO SCOLASTICO 2016-2017*

Il Premio Nazionale Federchimica Giovani è promosso da Federchimica, Federazione nazionale dell'industria chimica, e dalle sue Associazioni di settore.

Il Premio è un concorso letterario riservato agli studenti della Scuola Secondaria di Primo Grado, statale e paritaria, di tutto il territorio nazionale\* e nasce per potenziare, attraverso progetti didattici innovativi e creativi, l'interazione tra Scuola, Territorio e Industria Chimica e per orientare verso percorsi di studio tecnico-scientifici.

Il progetto si inserisce in un percorso più ampio, già da tempo avviato da Federchimica per avvicinare i giovani alla Chimica – come Scienza e come Industria - migliorarne la conoscenza e valorizzare il suo contributo al benessere dell'umanità.

In palio:

- un tablet per i vincitori singoli
- un contributo di 2.000 euro alla scuola per i gruppi/classi

**SCADENZA 31 MARZO 2017\***

(termine ultimo di iscrizione online e invio degli elaborati)

**\*Fatta eccezione per le sezioni “Chimica di base” e “Plastica” che si rivolgono anche alla scuola primaria, con caratteristiche e premi differenti. Vedi Regolamento**

Info e contatti:

Tel 02/34565 278/279      mail: [segreteriaipremio@federchimica.it](mailto:segreteriaipremio@federchimica.it)

<http://www.federchimica.it/docs/default-source/premio-nazionale-federchimica-giovani-2016-2017/regolamento-premio-federchimica-2016-2017.pdf?sfvrsn=2>

<http://www.federchimica.it/Scuola/2premio-federchimica-giovani-2016-2017/modulo-iscrizione-premio-nazionale-federchimica-giovani-2016-2017>

## Notizie

### **La natura ci incanta!**

Concorso RESINA

dedicato alle scuole primarie e secondarie di primo grado del Lazio



RESINA, la REte SIstemica NATuralistica della Regione Lazio, è un sistema tematico dedicato ai musei naturalistici di competenza regionale. Promuove la conoscenza, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio museale e ambientale, coordinando azioni di sinergia tra i singoli musei e favorendo l'attivazione di partnership con le diverse realtà del territorio.

**Informazioni:** Lorenza Merzagora  
lorenza.merzagora@museiresina.it

[http://www.culturalazio.it/sistememusei/sistem\\_resina/dettagliofocus.php?id=255](http://www.culturalazio.it/sistememusei/sistem_resina/dettagliofocus.php?id=255)

## XXVI Congresso Nazionale Divisione di Didattica Società Chimica Italiana

Si è svolto dal 14 al 16 luglio scorso, a Pisa, il Congresso nazionale annuale organizzato dalla Divisione di Didattica della Chimica della Società Chimica Italiana. Tutto si è svolto nella cornice del nuovo Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa, con la partecipazione di circa ottanta partecipanti per le due giornate e mezzo del convegno.

Il congresso era strutturato di varie sessioni, suddivise tra le prime due giornate, intitolate: *La Chimica nella Scuola di oggi. Esperienze nella scuola secondaria di I e II grado, Trasversalità nella didattica delle scienze: proposte e pratiche didattiche, Storia, epistemologia e altre scienze al servizio della Didattica della Chimica, La Didattica della Chimica fuori dalla Scuola e La Didattica della Chimica all'Università.*

La terza mattinata (e ultima del congresso) è stata dedicata ad alcune particolari esperienze di didattica come i Giochi e le Olimpiadi della Chimica, le EUSO (European Union Science Olympiad) e Science on Stage.

Infine, il congresso si è concluso con la premiazioni della migliore comunicazione orale, che è stata la relazione *“Il thè nei bicchieri di plastica: una proposta per lo sviluppo di competenze complesse volte all'approfondimento della relazione struttura-proprietà nei materiali polimerici termoplastici”* di Francesca Signori su un percorso didattico svolto presso l'Istituto Leonardo Da Vinci di Pisa, e della migliore comunicazione poster, assegnata alla classe della professoressa Patrizia Ronca dell'Istituto Cattaneo di San Miniato, con un percorso didattico di chimica forense intitolato *“Un giallo... a colori”*.



**Figura 1.** Premiazione della migliore comunicazione poster, assegnata alla classe della professoressa Patrizia Ronca dell'Istituto Cattaneo di San Miniato, con un percorso didattico di chimica forense intitolato *“Un giallo... a colori”*.



Tra i partecipanti si è registrata una presenza molto equilibrata tra docenti universitari (23) e docenti della scuola (25), quasi tutti provenienti da scuole superiori di II grado, a cui si aggiungono studenti universitari (18), che potevano partecipare gratuitamente, operatori museali, comunicatori e sponsor. Le regioni italiane rappresentate sono state 10 (Toscana, Sicilia, Liguria, Emilia Romagna, Campania, Basilicata, Marche, Lazio, Piemonte, Lombardia) e a questi partecipanti si devono aggiungere due studenti italiani provenienti uno da Strasburgo (Francia) e uno da Londra (Inghilterra).

Il congresso è stato occasione di scambio e di discussione su varie tematiche di ricerca di didattica della Chimica, su aspetti legati alle novità della legge 107 e sulle relative implicazioni sulla formazione degli insegnanti. Complessivamente il congresso ha avuto un discreto successo, come testimoniato dalle presenze e dalle discussioni costruttive avute durante le varie sessioni. Da sottolineare anche la partecipazione di molti giovani tra insegnanti e studenti.

Valentina Domenici

### **Terza edizione della borsa di studio “Didattica della Chimica per Rosignano”**

Il **Club Rotary Rosignano Solvay** insieme al Museo di Storia Naturale di Rosignano gestito, dall'Associazione ‘**Amici della Natura Rosignano**’, bandiscono per l'anno 2016, il concorso per l'assegnazione della borsa di studio intitolata “**Didattica della Chimica per Rosignano**”. La borsa, arrivata alla sua terza edizione, è destinata ad un giovane neolaureato in discipline scientifiche che dovrà proporre un progetto didattico che, come cita il bando, dovrà avere delle ricadute tangibili sulle scuole del Comune di Rosignano Marittimo.

La prima edizione della borsa fu vinta dalla dottoressa **Chiara Gerardi** con un progetto di chimica degli alimenti ed educazione alimentare (“Gnam gnam...che buona la scienza!”) a cui parteciparono le scuole elementari dei due circoli scolastici. La seconda edizione è stata invece vinta dal dottor **Mattia Scalabrelli** con un progetto di curriculum verticale, intitolato “Il colore sostenibile” che ha coinvolto molte classi delle scuole primarie del secondo circolo didattico di Rosignano Marittimo e il liceo artistico Gemelli di Cecina.

La scadenza del nuovo bando, scaricabile con tutte le informazioni per partecipare sul sito del museo: [HTTP://www.musrosi.org](http://www.musrosi.org), è il **17 settembre 2016**.

Per ulteriori informazioni è possibile anche scrivere all'indirizzo: [musrosi@tiscali.it](mailto:musrosi@tiscali.it).

Valentina Domenici

**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)

Completato il 21 novembre 2016, ore 10,34  
con il sistema tipografico LATEX 2<sub>ε</sub>

Pronto di stampare nel mese di novembre del 2016  
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»  
00134 Roma - via di Torre Sant'Anastasia, 61  
per conto della «Giosacchino Onorati editore S.r.l. - unipersonale» di Canterano (RM)