



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



Indice

- 5 Editoriale
Chimica e Arte un connubio oggi inscindibile
Luigi Campanella
- 7 Dalla copertina
Liberato Cardellini
- 11 Memoria e futuro- Il GNFSC ha trent'anni
Marco Taddia
- 17 Review - A Table of Seven Scientists and
a New Philosophy of Science di Eric Scerri
Luigi Campanella
- 19 Determinazione del valore della costante d'equilibrio
del rosso metile mediante spettrofotometria UV/Visibile
Andrea Checchetti, Veltri Rosangela
- 35 Un approfondimento sull'auto-organizzazione della materia
e sui concetti di materia, energia ed informazione
Roberto Soldà
- 47 Un colloquio intervista con Ronald Hoffmann
Liberato Cardellini
- 57 Federchimica per la scuola
Luigi Campanella
- 61 La Voce della Divisione di Didattica
Le attività dei Gruppi di lavoro della Scuola "U. Segre" 2016
- 73 Divisione di Didattica: Iniziative 2017

Chimica e Arte un connubio oggi inscindibile

Oltre alle analisi che permettono la conoscenza di un bene culturale, una delle maggiori problematiche che il mondo scientifico è chiamato a risolvere è la delicata questione della conservazione poiché ogni materia è sottoposta ad un processo di deterioramento che ne minaccia la trasmissione alle generazioni future. Il degrado di un bene culturale si manifesta subito dopo la realizzazione del manufatto e continua progressivamente a contatto con l'ambiente. Tale fenomeno, anche in assenza di fattori di degrado antropogenici, è un processo naturale, progressivo e irreversibile.

L'incontro fra chimica ed arte è senza dubbio un connubio oggi inscindibile. Conoscere un'opera artistica, pensarne e meditarne il recupero, prevederne i futuri pericoli, cancellarne i danni del tempo, senza alternarne i segni, significa non soltanto eseguire misure di qualità, attendibili e tracciabili, ma anche battere nuove strade, adattare metodi e strumenti, percorrere itinerari esplorativi nuovi, con la grave responsabilità che deriva spesso dalla preziosità del campione in esame. In particolare, l'uso di tecniche di chimica analitica appare essenziale per poter dar risposta a molti degli interrogativi ancora rimasti insoluti. Tuttavia a causa delle piccole quantità di campione a disposizione o analizzabile e/o l'elevato stato di degrado in cui molti dei manufatti rinvenuti si trovano, l'analisi di oggetti archeologici o generalmente appartenenti al patrimonio culturale rappresenta una vera sfida. L'attenzione è stata focalizzata in particolare sullo studio di composti organici, in modo da comprendere l'origine delle sostanze presenti nel campione (l'origine di una pittura o passando a tutt'altro, dell'alimento presente ad esempio in un'anfora).

Con l'intenzione di ottenere quante più informazioni possibili, è necessario operare specifiche prove sperimentali le cui procedure devono essere sviluppate ed ottimizzate per poter analizzare i diversi composti organici che possono essere presenti, anche in tracce, in manufatti artistici. A causa del valore e/o delle condizioni di conservazione dei campioni, l'analisi delle proteine rappresenta uno dei compiti più difficili da assolvere.

Le strategie proteomiche sono procedure ormai consolidate in diversi ambiti scientifici, soprattutto in biochimica e biologia, e hanno l'obiettivo di caratterizzare il contenuto proteico, ovvero il proteoma di intere cellule o organismi cellulari in determinate condizioni.

Nel settore della diagnostica applicata ai beni culturali la caratterizzazione del contenuto proteico è estremamente importante ed è di particolare interesse per diversi settori che vanno dall'archeologia alle indagini pittoriche.

La scelta delle tecniche di indagine è soprattutto dettata dalla necessità di danneggiare quanto meno possibile il materiale d'interesse (tecniche micro-distruttive) e/o, se, possibile, di interagire in modo del tutto non invasivo e non distruttivo. Le procedure proteomiche vantano la possibilità di individuare le proteine anche se la disponibilità del campione è estremamente ridotta (dell'ordine dei nanometri) e forniscono un'identificazione precisa della sequenza peptidica, definendone l'impronta digitale.

La determinazione della composizione chimica dei materiali e la caratterizzazione dei materiali proteici utilizzati nei dipinti è estremamente importante nel settore della diagnostica applicata ai beni culturali poiché contribuisce non solo alla conoscenza delle tecniche di esecuzione ma anche alla comprensione dell'evoluzione degli stili pittorici e all'eventuale autenticazione dell'opera d'arte. Determinare la composizione dei leganti costituisce, inoltre, un passo essenziale e fondamentale per le operazioni di restauro, sia per comprendere il processo di degrado, sia per intervenire con la migliore procedura possibile.

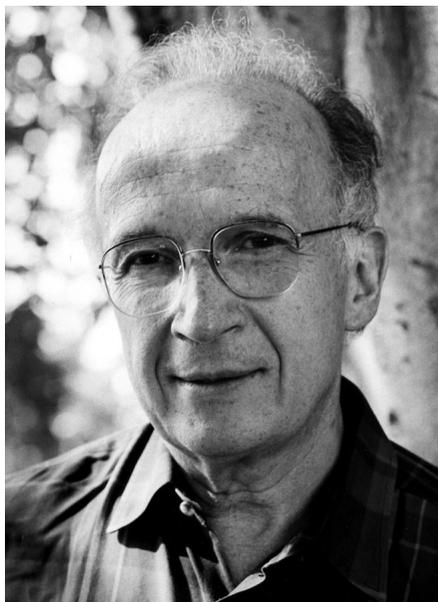
Le strategie proteomiche prevedono l'uso di un enzima che separa le proteine del campione riducendole a molecole più piccole che vengono poi analizzate dallo spettrometro di massa. Un metodo minimamente invasivo di recente proposto è basato sulla digestione enzimatica diretta senza estrazione delle proteine coadiuvato anche dall'uso delle microonde per migliorare la reazione di idrolisi.

Dalla Copertina

Roald Hoffmann

Zloczów (Polonia) 1937

**di
Liberato Cardellini**



Roald Hoffmann
(fotografato da Clemens Loew).

Una breve panoramica biografica

Roald Hoffmann è nato a Zloczów, Polonia (ora Zolochiv, Ucraina), nel 1937, un tempo che presagiva giorni bui per l'Europa. La felicità casalinga che ha vissuto con la sua famiglia ebrea fu di breve durata, anche se lui e sua madre riuscirono a sopravvivere all'occupazione nazista. Nel 1946 lasciò la Polonia per la Cecoslovacchia, l'Austria, e la Germania, per arrivare infine negli U.S.A. nel mese di febbraio 1949, all'età di 11 anni. Continuò la sua formazione scolastica a New York e lì si è diplomato nella scuola superiore di Stuyvesant nel 1955. Nello stesso anno diventò un cittadino naturalizzato degli U.S.A. Entrò nel Collegio Universitario alla Columbia di New York come Pulitzer Free Scholar e, nel 1958, ricevette la sua B.A., summa cum laude, laureandosi in chimica.

L'interesse di Hoffmann per la chimica si sviluppò durante le estati della sua carriera universitaria, mentre lavorava presso il National Bureau of Standards con E. S. Newman sulla termochimica dei composti cementizi e con R. E. Ferguson sulla pirolisi di idrocarburi. Poi cominciò gli studi da laureato presso l'Università di Harvard nel 1958, ottenendo un master in fisica nel 1960 e un dottorato di ricerca in chimica fisica nel 1962.

Il suo lavoro di tesi è stato completato sotto la supervisione congiunta di Martin Gouterman e William N. Lipscomb e affrontava la teoria degli orbitali molecolari di molecole poliedriche.

Nel 1962, fu eletto Junior Fellow nella Society of Fellows dell'Università di Harvard e rimase in questa posizione fino al 1965. In questo periodo iniziò a lavorare sulla struttura elettronica delle molecole organiche. Alla fine di questo soggiorno ad Harvard, ha iniziato la sua collaborazione con Robert B. Woodward sulla teoria delle reazioni concertate.

Nel 1965 Hoffmann è stato assunto presso il Dipartimento di Chimica della Cornell University come professore associato di chimica. In 1968 è stato nominato professore di chimica nello stesso dipartimento e nel 1974 diventò il John A. Newman Professor of Physical Science. Dal 1996 è sia il Frank H. T. Rhodes Professor of Humane Letters e sia un professore di chimica; ha quasi sempre insegnato chimica generale agli studenti del primo anno.

Hoffmann ha ricevuto l'American Chemical Society Award in Pure Chemistry nel 1969 e l'Award of the International Academy of Quantum Molecular Sciences nel 1970. Nel 1973, in collaborazione con R. B. Woodward, ha ricevuto il primo Premio Arthur C. Cope in Organic Chemistry dall'American Chemical Society (ACS). Nel 1981 ha condiviso il Premio Nobel per la Chimica con Kenichi Fukui "per le loro teorie, sviluppate in modo indipendente, riguardanti il corso delle reazioni chimiche". Nel 1982 ha ricevuto l'ACS Award in Inorganic Chemistry e nel 1990 ha ricevuto la Priestley Medal dell'American Chemical Society, la più alta onorificenza conferita dall'ACS. Nel 1991 ha ricevuto la prima (e ultima) Gold Medal in honor of Russian chemist N. N. Semenov, assegnata dall'Academy of Sciences dell'URSS. Nel 1996 ha ricevuto il Pimentel Award in Chemical Education dall'American Chemical Society. Nel 1997 Hoffmann ha ricevuto il primo Elizabeth A. Wood Science Writing Award dell'American Crystallographic Association e nel 1998 ha ricevuto il Jawaharlal Nehru Birth Centenary Award dell'India. Nel 1999 è stato nominato Honorary Member della German Chemical Society.

Hoffmann è affascinato e interessato a tutto dalla filosofia alle arti visive e la poesia. Lui ha raggiunto l'eccellenza sia come artista che come scienziato. Alla Columbia è stato introdotto alla poesia, e nel corso degli anni ha mantenuto un interesse per la letteratura, in particolare la letteratura tedesca e russa. Cominciò a scrivere poesie e ha pubblicato la sua prima poesia nel 1984. Il suo primo volume di poesie, *The Metamict State* [1], è stato pubblicato nel 1987; seguì *Gaps and Verges* [2] nel 1990, e *Memory Effects* [3] è stato pubblicato nel 1999. Le poesie di Hoffmann sono caratterizzate da metafore e immagini intense, molte tratte da idee e concetti scientifici.

La sua più recente collezione pubblicata è *Soliton* [4]. Nel 1993 lo Smithsonian Institution Press ha pubblicato *Chemistry Imagined*, una collaborazione unica di arte-scienza-letteratura di Roald Hoffmann con l'artista Vivian Torrence. Nel 1995, la Columbia University Press di Hoffmann ha pubblicato *The Same and Not the Same* [5]. Nel 1997, W. H. Freeman ha pubblicato *Old Wine, New Flasks: Reflections on Science and Jewish Tradition*, di Hoffmann e Shira Leibowitz Schmidt [6, 7]. Roald Hoffmann è autore con Carl Djerassi dell'opera *Oxygen* [8, 9], che ha debuttato negli Stati Uniti al Repertory Theatre di San Diego nel 2001 e, da solo, con una nuova opera (2006), *Should've* [10]. Nel 1986-1988 Hoffmann ha partecipato alla produzione di un corso televisivo introduttivo alla chimica dal titolo "The World of Chemistry" [11].

Il più importante contributo di Hoffmann alla chimica continua a essere l'efficace combinazione dei calcoli stimolata dalla sperimentazione e dalla costruzione di modelli generalizzati e di strutture per la comprensione. In più di 500 articoli scientifici e due libri ha insegnato alla comunità dei chimici modi nuovi e utili di guardare alla geometria e alla reattività delle molecole, dalle organiche attraverso le inorganiche fino alle strutture infinitamente estese.

Memoria e futuro

Il Gruppo di Fondamenti e Storia della Chimica ha trent'anni

Marco Taddia

Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Università di Bologna
marco.taddia@unibo.it

Riassunto

Lo scorso novembre, in occasione della celebrazione del 30° anniversario di fondazione del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica, il Presidente in carica ha tracciato un bilancio sull'attività passata e proposto alcune linee guida per il futuro. Questo articolo riporta la parte dell'intervento che può interessare coloro che sono pronti a dare il proprio contributo allo sviluppo del Gruppo.

Summary

Last November we celebrated in Rome, at the National Academy of Sciences, the 30th anniversary of the foundation of "Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica". After an analysis of the past, the current President has set the main guidelines for future activity in the field of the history of chemistry. This paper reports the part of his speech that can concern those who are ready to contribute to the Association's development.

Il 16 Novembre 2016 abbiamo ricordato a Roma, presso la Sala Conferenze dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, il 30° anniversario di Fondazione del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC). Dopo i saluti della Presidente dell'Accademia, Prof.ssa Emilia Chiancone, del Presidente della Società Chimica Italiana, Prof. Raffaele Riccio e di chi scrive, attuale Presidente del GNFSC, sono iniziati i lavori. La relazione introduttiva l'ha tenuta Antonio Di Meo (Figura 1) e ha riguardato la storia della Chimica in Italia al momento della fondazione del GNFSC.



Foto 1

A seguire, le testimonianze di Gianlorenzo Marino, già Presidente del Gruppo (1997-2001) (Figura 2), Eugenio Torracca e Paola Carusi. Nel pomeriggio sono stati commemorati, ad opera rispettivamente di Annibale Mottana, Franco Calascibetta e Rinaldo Cervellati (Fig. 3-4), i Presidenti scomparsi (Giovanni Battista Marini Bettòlo, Leonello Paoloni e Paolo Mironi).

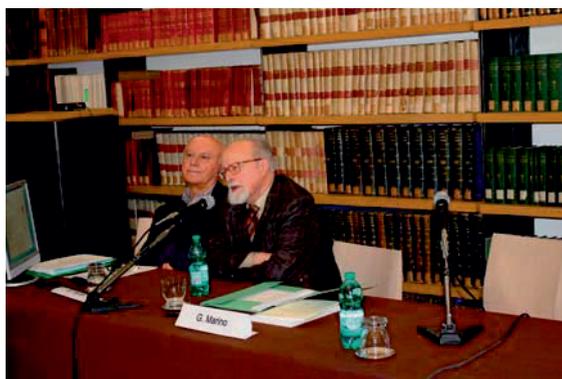


Foto 2



Foto 3



Foto 4

Lo stesso Calascibetta ha svolto quindi una relazione generali sui sedici Convegni Nazionali, dal primo (Torino, 1985) al più recente (Rimini, 2015). Dopo la presentazione di due volumi su Avogadro, curati da Marco Ciardi e Mariachiara Di Matteo, editi dall'Accademia, il Presidente ha svolto la relazione finale.

Per motivi di spazio, solo una parte del testo è pubblicato di seguito ma gli interessati troveranno la parte mancante e i testi di tutte le altre relazioni, in apposito fascicolo dei Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL (Memorie di Scienze Fisiche e Naturali 134° (2016), Vol. XL, Parte II), attualmente in corso di stampa.

Il futuro del GNSFC

A conclusione della Giornata Celebrativa del 30° anniversario di fondazione del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica, dopo il confronto con gli altri Paesi Europei [1] e il bilancio del passato, s'impone una riflessione sul lavoro da svolgere nel prossimo futuro. Esso non manca e, come vedremo, all'Associazione si richiede un rinnovato impegno, non solo per sopravvivere ma anche per sviluppare nuove iniziative che, con il mutare dei tempi, appaiono necessarie. Come si è detto nella prima parte della relazione, oggi è difficile, non solo in Italia, assicurare il ricambio generazionale negli studi di Storia della Chimica e, di conseguenza, la continuità di Associazioni come la nostra. La recente indagine condotta dal Working Party on History of Chemistry (EuCheMS) lo prova inequivocabilmente [1]. Proviamo, allora, a prendere ispirazione anche dalle esperienze altrui.

Quasi una decina d'anni fa venne pubblicato sul *Bulletin on the History of Chemistry*, a firma di Carmen Giunta, allora professore di Chimica al Dipartimento di Chimica e Fisica del Le Moyne College, Salt Spring Rd, Syracuse NY (USA), un articolo [2] che vale la pena di rileggere e che può darci indicazioni utili sul come procedere. Giunta delineava lucidamente le prospettive della Divisione di Storia della Chimica (HIST) della American Chemical Society e, in sostanza, tracciava anch'esso un programma per il futuro. L'articolo raccoglieva le idee emerse nel corso del Simposio "HIST at 85: Looking Back and Looking Ahead". Come dice il titolo, si trattava di un'iniziativa analoga a quella che ci ha impegnato oggi, con la differenza che gli americani riflettevano sul passato di un'associazione che aveva un'età pari circa a tre volte la nostra. Rileggendo quell'articolo ho ritenuto che i punti programmatici messi in rilievo da Giunta per il futuro dell'HIST fossero, con gli indispensabili aggiornamenti e adeguamenti alla realtà italiana, validi anche per noi.

Allora rivediamoli insieme:

1. Ricorso ai nuovi mezzi di comunicazione per disseminare contenuti di argomento storico;
2. Fornire una prospettiva storica sui problemi attuali e gli eventi appena trascorsi;
3. Spiegare il passato nel materiale didattico destinato ai futuri chimici.

Per quanto riguarda il primo punto, è ovvio che la situazione odierna non è più quella del 2007 e che, per quanto riguarda il WEB si è coniato addirittura il termine “overload informativo” per indicare quell’eccesso di informazioni che, al limite, può essere nocivo per la mente. Anche i contenuti legati alla storia della chimica di cui abbondano i tanti siti “storici”, non sempre di sicura affidabilità, sono proliferati in varie lingue. Stesso discorso per altre forme di comunicazione come blog, video, podcast ecc... Dobbiamo chiederci tuttavia se un’associazione come la nostra, invece di assistere passivamente all’infittirsi di una “boscaglia” di informazioni spesso superficiali, approssimative e talvolta sbagliate, non potrebbe impegnarsi un po’ di più per produrre contenuti di qualità.

Il secondo punto è assai più delicato e impegnativo perché coinvolge gli studi e le ricerche personali. In parole povere bisogna chiedersi se ci occupiamo abbastanza del passato recente (chimica e industria chimica del XX secolo) e dei settori della chimica sui quali si concentra l’odierno sforzo dei ricercatori del campo chimico. Occorre parimenti verificare se l’interdisciplinarietà scientifica, che domina prepotentemente il panorama della ricerca attuale, riceva dagli storici l’attenzione che merita. Si pensi ad esempio alle relazioni della chimica con la biologia, l’elettronica, la genetica, le nanotecnologie e la sensoristica. Le lodevoli eccezioni che pur onorano il nostro Paese [3], non bastano. Qualcuno dirà che scarseggiano le competenze in proposito. Può essere vero ma occorre anche la forza e il desiderio di cambiare se si vuole catturare l’interesse dei chimici che non hanno interessi storici. In altre parole occorre chiedersi se non sia necessario sacrificare qualche interesse nel campo della chimica del Settecento e Ottocento e spostare gli obiettivi dei propri studi Novecento e sul contemporaneo. I chimici interessati alla storia, secondo Giunta, debbono senz’altro avere un occhio fisso al passato ma anche interessarsi al presente e al futuro. Concludendo il suo articolo, l’Autore ricordava che “i *chimici* interessati alla loro storia rimangono chimici, impegnati nella loro disciplina” e che “possono influenzare il futuro impegnando e informando l’attuale generazione di chimici circa il passato, in particolare il passato che è loro proprio – quello del campo in cui loro stessi sono attivi”. Particolare non trascurabile, aggiungeva che non dovevano dimenticare “le conquiste dei loro maestri, dei loro mentori e delle loro istituzioni”.

I Presidenti che si sono susseguiti nei trent'anni passati: da Giovanni Battista Marini Bettòlo a Leonello Paoloni, da Gianlorenzo Marino a Paolo Mirone, fino a Luigi Cerruti, erano tutti chimici impegnati nel loro specifico settore disciplinare e ben rappresentano quanto detto. Almeno in parte, scriveva Giunta, l'interesse per il presente e per il passato è una conseguenza dell'impegno comune per la chimica.

Per finire aggiungerei un paio di considerazioni generali. Quest'anno è uscita la traduzione italiana di un libro di Serge Gruzinski dal titolo "Abbiamo ancora bisogno della storia?" [4]. Benché l'Autore si riferisse alla Storia in senso generale, non a quella delle Scienze, mi pare che anche noi dovremmo rispondere con un sonoro "sì"! Capita infatti che qualcuno, con fare non troppo scherzoso la ponga, anche in ambiente accademico, con riferimento a quella della Chimica.

Ci aiuta a rispondere alla domanda il fisico e saggista Jean-Marc Lévy-Leblond (1940), professore emerito all'Università di Nizza. In una intervista per il Corriere della Sera, realizzata da Paolo Giordano, datata 20 Agosto 2015 e pubblicata con il titolo: "Una scienza troppo lontana dalla cultura umanistica" [5], Lévy-Leblond affermava:

"Almeno due fenomeni hanno concorso negli ultimi decenni a degradare la qualità della ricerca scientifica: da una parte la concorrenza sempre più pronunciata per aggiudicarsi le risorse economiche porta alla fretta nelle pubblicazioni e a un indebolimento dei controlli sulla loro validità; dall'altra parte c'è l'inadeguatezza crescente della formazione degli scienziati, ormai quasi priva di ogni conoscenza a proposito del contesto nel quale operano, sia esso storico, epistemologico, sociologico. Sono questi i campi nei quali una competenza minima sarebbe importante per avere una ricerca migliore"

Le severe parole di Lévy-Leblond riportano alla mente tante preoccupate considerazioni emerse nei dibattiti che in questi anni si sono susseguiti anche al nostro interno. Chi ha alle spalle alcuni decenni di vita accademica nelle Facoltà Scientifiche sa che non sempre è stato così e che la situazione, purtroppo, è andata via via peggiorando. Non si tratta qui di rimpiangere un passato che non tornerà più, quando, peraltro, non mancavano motivi validi per criticare l'Università. Occorre invece, con convinta determinazione, diffondere e valorizzare quel patrimonio di valori culturali del quale anche la nostra Associazione, nel suo piccolo, è fortunata erede. Per far questo occorre cercare strade nuove, parlare ai giovani con la consapevolezza che il mondo è cambiato ma che i valori veri, come la cultura, non tramonteranno mai. Non possiamo accontentarci dei risultati raggiunti. Dopo la celebrazione odierna, comincerà una fase di rinnovato impegno nella vita del

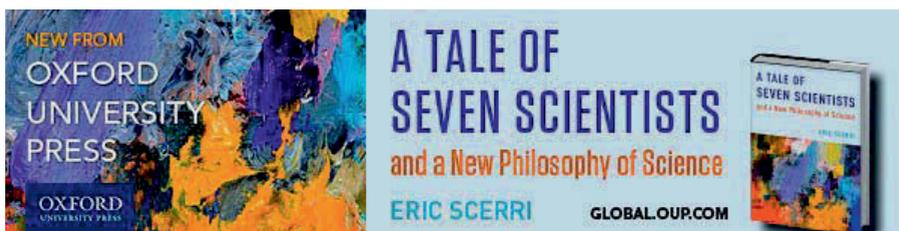
nostro Gruppo in cui ciascuno è chiamato a fare la sua parte, secondo le sue attitudini e possibilità ma soprattutto con quel pizzico di entusiasmo che aiuta a superare le avversità.

Ringraziamenti

Sono grato alla Segreteria dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, per le immagini gentilmente fornite.

Bibliografia

- I. Euchems Survey: History of Science in Europe, 2015. <http://www.euchems.eu/wp-content/uploads/2016/08/EuChems-Survey-2015.pdf>
- II. C.J. Giunta, “Looking ahead: keeping history of chemistry relevant to the future of chemistry”, *Bulletin for the History of Chemistry* (2007), 32(2), pp. 98-103
- III. L. Cerruti, “Bella e potente: la chimica dagli inizi del Novecento ai giorni nostri”, Editori Riuniti, Roma, 2016
- IV. S. Gruzinski, “Abbiamo ancora bisogno della storia?”, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2016
- V. P. Giordano, “Una scienza troppo lontana dalla cultura umanistica”, intervista a Lévy-Leblond, *Corriere della Sera*, 20 agosto 2015



Two positions commonly emerge concerning the development of science: one is based on the statement that this development proceeds by jumps and discontinuity, the other one sustaining, on the contrary, that this development is continuous and supported by contributions from all disciplines in an holistic vision of science. Kuhn and Popper revolutionary positions seem in this way seem to be partially in agreement, although Kuhn also claims the lack of any driving force toward an external truth but that it rather occurs from within. Scerri disagrees with Popper and Kuhn on revolutions but supports Kuhn's non-teleological argument. He does this by presenting a tale of seven scientists who are relatively unknown but who represented meaningful advancements in our knowledge of matter. Scerri also argues that continuous progress is based on contributions from the community rather than from single scientists. The featured scientists include Van der Broek who pioneered the notion of atomic number, Stoner, a physics graduate student, who provided the seed for Pauli's exclusion principle, and Nicholson who first proposed the notion of quantification of angular momentum that was put to good use from Bohr. The remaining four scientists, Bury, Main Smith, Janet and Abegg are equally interesting case studies. Scerri's approach is a holistic one, which further enriches his proposal.

The book also contributes too to a reassessment of our culture, which is often artificially divided into sectors, such as Art and Science, Science and Technology, Humanism and Science, Theory and Practice. Such divisions can only be accepted at the level of information and Education, but not of knowledge in general.

The first and very interesting chapter offers the author's bibliographic profile in which he draws on his own experiences to make a unification between the internal approach in the philosophy of science and the sociological approach, while maintaining that science proceeds as a single social entity.

Luigi Campanella

Determinazione del valore della costante di equilibrio del rosso metile mediante spettrofotometria UV/Visibile

Checchetti Andrea^{1*}, Veltri Rosangela¹

¹I.I.S “Leonardo da Vinci” di San Giovanni in Fiore (Cs)

*e-mail autore referente: andreachechetti@alice.it

Riassunto

Il pKa ed il punto isobestico dell'indicatore rosso metile sono stati determinati mediante spettrofotometria UV-Vis. Tre metodi, due grafici e uno matematico [1], sono stati utilizzati per stimare la costante di dissociazione acida (pKa) e il punto isobestico mediante misure di assorbanza. Il pKa medio ricavato dai tre metodi è pari a 4,87 in buon accordo con i valori di letteratura. Il punto isobestico si trova a $\lambda = 481$ nm, con una assorbanza di 0.53.

Parole chiave: indicatore rosso-metile, punto isobestico, pKa, pH, equilibrio acido-base, soluzioni tampone, spettrofotometria UV/visibile.

Abstract

The pKa and the isobestic point of methyl red indicator were determined using UV-Vis spectrophotometry. Three methods, two graphical and one mathematical [1], were used to estimate the acid dissociation constant (pKa) and the isobestic point using absorbance measurements. The average pKa obtained by the three methods is equal to 4,87, in good agreement with literature values. The point isobestic occurs at $\lambda = 481$ nm, with an absorbance of 0.53.

Introduzione

Studiare gli equilibri acido base è molto importante, perché la forma ionica e neutra di un composto esibiscono differenti proprietà chimico-fisiche. Molte proprietà chimiche, fisiche e biologiche di composti naturali e sintetici sono regolate dalle interazioni dei gruppi acidi e basici. In tali composti, il pKa controlla molti aspetti del metabolismo e anche i fenomeni di trasporto attraverso le membrane. La conoscenza del valore della costante di dissociazione acida (pKa) continua ad essere pertanto un tema di corrente attualità e il suo studio è di notevole interesse per la biologia, la farmaceutica, la medicina, e per numerosi altri campi scientifici [2].

In particolare l'equilibrio di ionizzazione dei coloranti organici e la determinazione delle loro costanti acide di dissociazione sono di grande importanza sia per molte applicazioni pratiche che in molte aree di ricerca scientifica. Giusto per citarne alcune, basta ricordare le titolazioni acido-base, la formazione dei complessi, l'estrazione, il monitoraggio e il controllo ambientale, la ricerca e lo sviluppo di farmaci. In particolare la sintesi, la produzione, la purificazione, la dissoluzione, l'assorbimento, la distribuzione e i processi metabolici sono correlati con il valore del pKa [3-9].

Esistono diversi metodi per misurare il pK_a dei coloranti organici, [10]. Tra quelli più comuni ci sono: (a) la titolazione potenziometrica, dove il pK_a è derivato dalla curva di titolazione; (b) la titolazione spettrofotometrica, dove lo spettro UV del composto è preso per ogni punto della titolazione e la variazione nell'assorbanza è riportata in funzione del pH.

La spettroscopia UV/visibile si è dimostrata precisa e accurata, richiede ⇌ piccole quantità di campione, lavora a valori di pH alti e bassi e permette misure rapide dei valori di pK_a di una serie di composti. La relazione lineare tra l'assorbanza e la concentrazione della soluzione colorata è determinata dalla legge di Lambert-Beer, che costituisce un fondamento teorico alla determinazione spettrofotometrica del pKa di un indicatore acido base [11].

Parte teorica

Quando un acido HA si dissocia in acqua si stabilisce un equilibrio:



Secondo la definizione di Bronsted e Loewry l'acido HA cede all'acqua un protone trasformandosi in A⁻, che diventa così la sua base coniugata. HA e A⁻ costituiscono una coppia acido-base coniugata. Lo spostamento dell'equilibrio a destra o a sinistra nella (1) dipende dalla relativa forza degli acidi HA e H₃O⁺. La forza di un acido si riferisce alla sua tendenza a trasferire protoni. Quando si introduce il concetto di reazione acido-base si distingue il concetto di acido e base forte da quello di acido e base debole. La forza di un acido pertanto è comparata al suo stato di protonazione quando reagisce con una base. Questo stato viene misurato attraverso il valore della costante di dissociazione acida K_a, così espressa:

$$K_a = [\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HA}] \quad (2)$$

Gli indicatori acido-base sono loro stessi acidi e basi deboli le cui forme acida e basica in soluzione hanno colori differenti. L'uso degli indicatori nelle titolazioni è dovuto principalmente al viraggio del colore, diverso per la forma acida e per la forma basica. Tutto ciò dipende dal fatto che una sostanza colorata può assorbire un quanto di luce manifestandosi con un colore complementare alla luce assorbita, come mostrato in Figura 1.

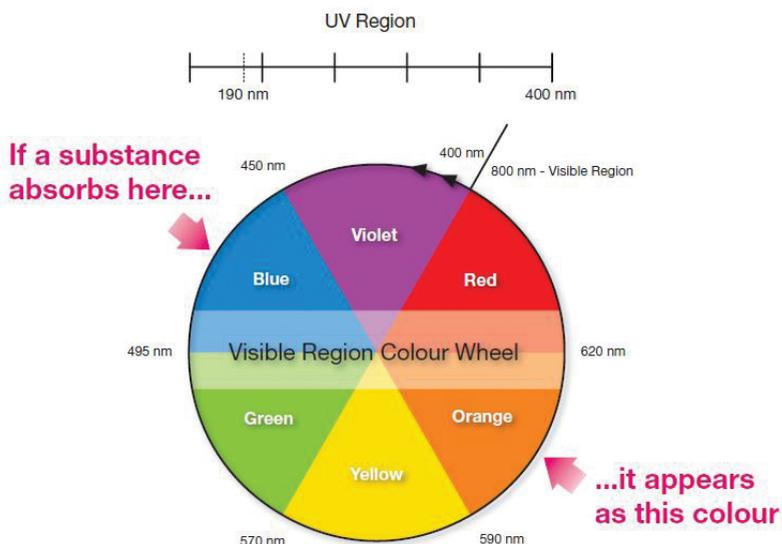
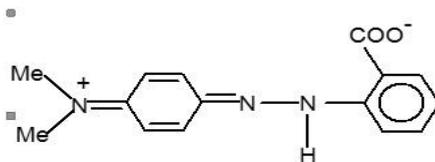
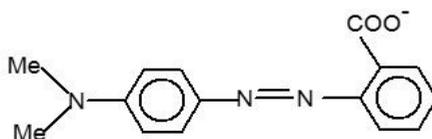


Figura 1. Regione del visibile e colori complementari

Per poter assorbire la luce, la sostanza deve avere due orbitali che presentino una piccola differenza di energia, in modo tale che un elettrone, assorbendo l'energia di un quanto di luce, possa fare il salto quantico dall'orbitale a energia minore a quello a energia maggiore; l'energia del quanto di luce deve quindi corrispondere alla differenza di energia tra due orbitali della molecola. È inoltre necessario che l'orbitale di energia maggiore sia vuoto o contenga un solo elettrone, altrimenti il salto quantico non è possibile (per il principio di esclusione di Pauli). Poiché la luce visibile al nostro occhio ha energie relativamente basse, le transizioni elettroniche che può sollecitare sono piccole: spesso salti da un orbitale di legame di tipo π ad un anti- π , [12].

Questo fatto ha due conseguenze: (1) per il nostro occhio sono colorate in genere molecole organiche complesse, spesso aromatiche, con livelli elettronici π multipli e ravvicinati; (2) una sostanza può cambiare colore a causa di minime perturbazioni della sua struttura che alterano anche di poco i livelli energetici degli orbitali di legame π (questo è ciò che avviene agli indicatori quando acquistano o cedono uno ione idrogeno).

La spettrofotometria UV/vis può essere, pertanto, utilizzata per la determinazione delle costanti di dissociazione di un acido debole quando le specie HA e A⁻ sono caratterizzate da spettri diversi. Lo scopo dell'esperienza dunque è stata la determinazione del pKa di un indicatore acido-base, il rosso metile (vedere Figura 2 e 3), mediante misure spettrofotometriche nel campo dell'UV- Visibile.

**Figura 2.** Forma acida del rosso metile (HMR)**Figura 3** Forma basica del rosso metile (MR⁻)

Facendo uso della legge di Lambert-Beer

$$A = a b C \quad (3)$$

dove a è il coefficiente di estinzione molare della soluzione, b è il cammino ottico, cioè lo spessore della cella che contiene la soluzione e C la concentrazione della soluzione, se le due specie acida e basica assorbono luce indipendentemente, si può scrivere che l'assorbanza A , che misuriamo, sarà la somma delle due forme. In altre parole:

$$A = A_{HA} + A_{A^-} = a_{HA} \cdot b \cdot C_{HA} + a_{A^-} \cdot b \cdot C_{A^-} \quad (4)$$

dove la concentrazione totale C_T è la somma delle concentrazioni delle due specie acida e basica, C_{HA} e C_{A^-} .

Per una data concentrazione è dunque possibile ricavare il rapporto in funzione delle assorbanze [1]:

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{C_{A^-}}{C_{HA}} = \frac{A - A_{HA}}{A_{A^-} - A} \quad (5)$$

Questa relazione deve essere valutata a diverse lunghezze d'onda, includendo sicuramente una dove l'assorbimento di HA è massimo e quello di A^- è minimo, un'altra dove si verifica il contrario, A^- è massimo e HA è minimo, e una terza dove l'assorbanza delle due specie è approssimativamente la stessa. K_a può essere valutata graficamente convertendo la (2) nella forma logaritmica.

$$\log K_a = \log [H_3O^+] + \log ([A^-]/[HA]) \quad (6)$$

In aggiunta la combinazione dell'equazione 5 con la definizione del $pK_a = -\log K_a$ dà:

$$\text{Log} \left(\frac{A - A_{HA}}{A_{A^-} - A} \right) = \text{pH} - \text{p}K_a \quad (7)$$

Quando il logaritmo è uguale a zero il pK_a è uguale al pH ovvero il rapporto tra la specie basica e acida è uguale a 1, indicando che la concentrazione dell'acido è uguale a quello della sua base coniugata.

Parte sperimentale

Materiale utilizzato

Vetreteria:

- Beker
- Matracci da 100 mL
- Pipette
- Pipette graduate
- Palla di peleo
- Burette
- Vetrino d'orologio
- Provette
- Cuvette

Strumentazione:

- Spettrofotometro-UV Jasco V-630
- pHmetro Eurotech X5
- Bilancia analitica Gibertini (3 cifre decimali).

Reagenti:

- Rosso metile 0,2% Carlo Erba Indicatore serie Clark, soluzione idroalcolica, pH da 4,2 a 6,3, viraggio rosso-giallo;
- Acetato di sodio (CH_3COONa);
- Cloruro di Potassio (KCl);
- Acido cloridrico (HCl);
- Idrossido di sodio (NaOH).

Procedura

a) Preparazione delle soluzioni

Sono state preparate le seguenti soluzioni:

1. Acido cloridrico 1 M (HCl)
2. Acido acetico 0,1 M 100 mL (CH_3COOH)
3. Acetato di sodio 0,1M in 100 mL (CH_3COONa)

4. Idrossido di sodio 1 M (NaOH)
5. Cloruro di Potassio 1M (KCl).

Inizialmente sono state preparate due soluzioni di rosso metile, una acida e una basica entrambe dal volume di 100 mL composte rispettivamente da:

- 5mL di indicatore Rosso metile, 50 mL di Acido acetico e 45 mL di KCl;
- 5mL di indicatore Rosso metile, 50 mL di Acetato di sodio e 45 mL di KCl.

Successivamente sono state prelevate due aliquote di 20 ml ciascuna: la soluzione acida è stata ulteriormente acidificata con poche gocce della soluzione di HCl fino a raggiungere il valore di $\text{pH} = 2$, allo stesso tempo la soluzione basica è stata ulteriormente alcalinizzata con poche gocce della soluzione di idrossido di sodio fino a un $\text{pH} = 9.59$, (Tab. 1, 1^a e 8^a soluzione).

Dalle due soluzioni, acida e basica, sono state preparate 6 soluzioni tampone miscelando differenti volumi, V ml di soluzione acida con (20-V) ml di soluzione basica (Tab.1 dalla 2^a alla 7^a soluzione). La forza ionica di tutte le soluzioni preparate è stata tenuta costante per la presenza di KCl. Tutte le soluzioni sono state preparate con acqua distillata.

b) Misure del pH



Figura 4. Variazione del colore della soluzione di rosso metile a differenti valori del pH

Per ogni soluzione tampone è stato misurato il valore del pH come riportato in Tabella 1 utilizzando un pH-metro digitale (vedi Figura 5), che è stato pre-calibrato con due soluzioni tampone a pH 4 e pH 10. Ogni valore del pH è stato ottenuto dalla media di tre misure.



Figura 5. Misurazione del pH di una delle soluzioni tampone

Tabella 1. Valori del pH delle 8 soluzioni tampone di rosso metile

Soluzione di rosso metile	pH	V _{soluzione acida} (mL)	V _{soluzione basica} (mL)
Soluzione acida	2	20	-
Soluzione tampone n.1	3,11	19.5	0.5
Soluzione tampone n.2	3,88	17.7	2.3
Soluzione tampone n.3	4,34	14.5	5.5
Soluzione tampone n.4	5,6	2.5	17.5
Soluzione tampone n.5	6,26	0.6	19.4
Soluzione tampone n. 6	7,15	0.08	19.9
Soluzione basica	9,59	-	20

c) Misure di assorbanza

Spettri d'assorbanza UV-visibile di tutte le soluzioni a diverso valore di pH sono stati registrati utilizzando uno spettrofotometro UV/V 630 della Jasco (vedere Figura 6).

Le misure di assorbanza sono state eseguite negli intervalli di lunghezze d'onda compresa tra 350 e 650 nm.

I dati sono stati acquisiti per ogni 1 nm. L'acqua distillata è stata usata come soluzione di riferimento.



Figura 6. Spettrofotometro-UV/V-630 della Jasco.

Risultati e discussioni

In Figura 8 sono riportati gli spettri delle soluzioni ai diversi valori di pH. Gli spettri sono caratterizzati dalla sovrapposizione di un picco principale della specie acida del rosso metile (HMR) a 522 nm e un altro della specie basica (MR⁻) a 431 nm.

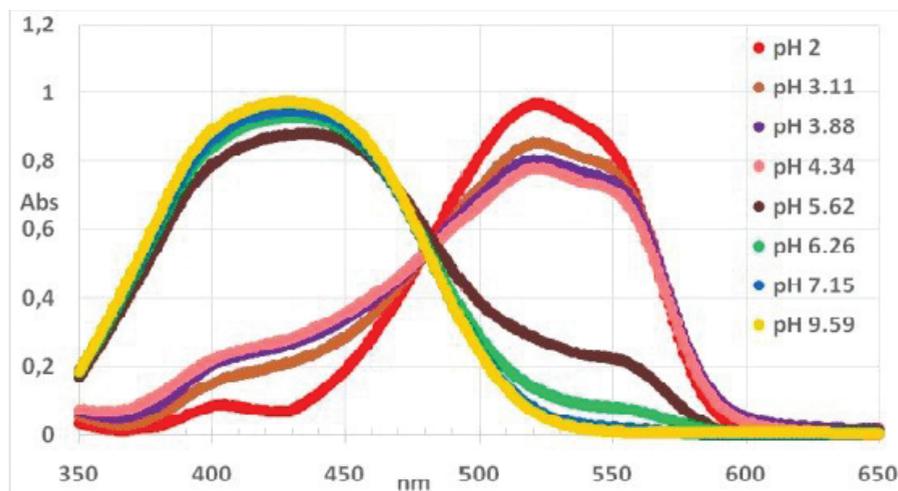
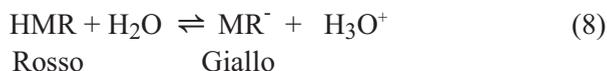


Figura 7. Spettri di assorbanza dell'indicatore rosso metile a diversi pH

L'equilibrio di ionizzazione del rosso metile in soluzione acquosa è il seguente:



L'intervallo di viraggio del colore del rosso metile cambia da pH 4,2 a pH 6,3. Si vede dalla figura come l'assorbanza della specie basica aumenta mentre quella della specie acida diminuisce quando il valore del pH incrementa. L'aumento e la diminuzione dell'assorbanza delle specie MR^- e HMR sono oggettivamente dovuti alla variazione delle relative concentrazioni di $[\text{MR}^-]$ e $[\text{HMR}]$. Dagli esami degli spettri è possibile individuare una lunghezza d'onda dove l'assorbanza è indipendente dal pH. Questo è chiamato punto isosbastico e rappresenta il punto rispetto al quale entrambe le forme dell'indicatore (HMR e MR^-) hanno lo stesso coefficiente di estinzione molare.

Per determinare il pKa dell'indicatore sono stati applicati due metodi grafici e uno matematico. I risultati ottenuti con i diversi metodi sono stati confrontati, e il valore del pKa è stato determinato.

Primo metodo

Il primo metodo è stato quello di prendere gli spettri dei valori estremi (pH = 2 e pH = 9,59) e determinare le lunghezze d'onda di assorbimento massimo, come illustrato in Figura 8.

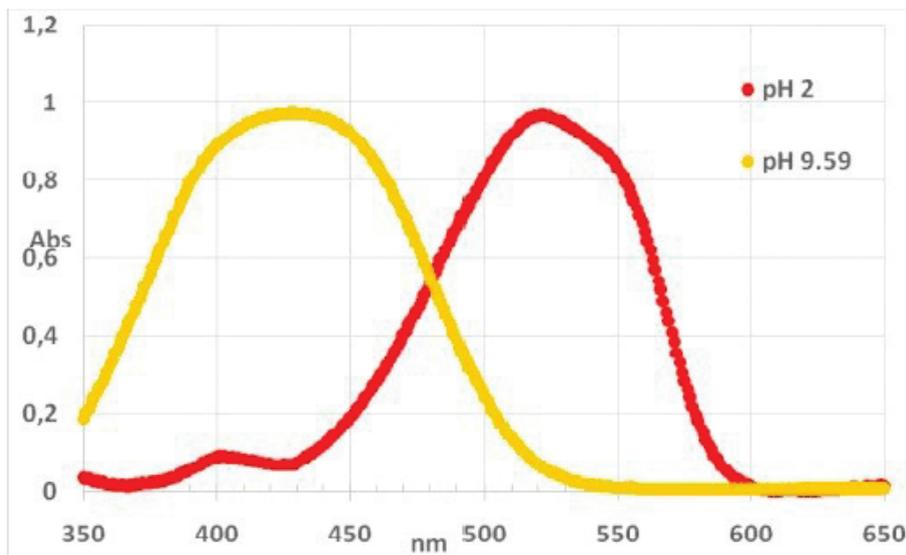


Figura 8. Spettro di assorbimento del rosso metile a pH estremi

Lo spettro di assorbanza della soluzione di pH = 2 ha un picco a 522 nm; mentre quello a pH acido a 431 nm. L'andamento dell'assorbanza contro il pH a queste lunghezze d'onda sono riportate in Figura 9.

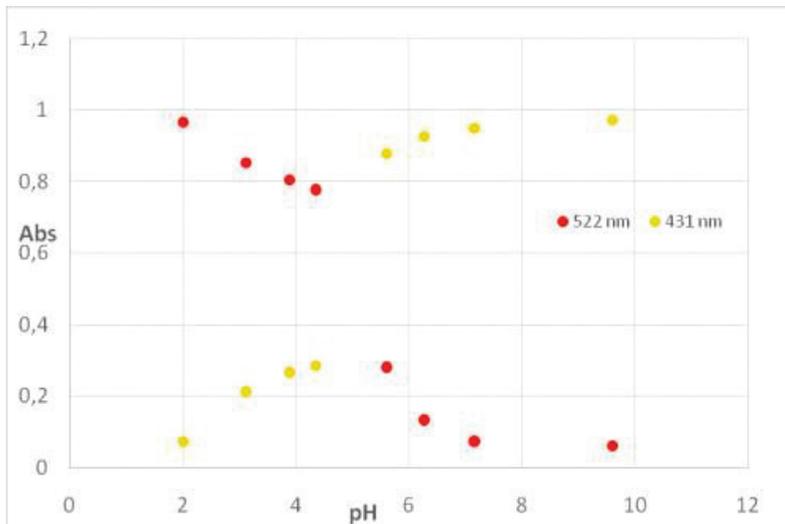


Figura 9. Punti di assorbanza vs pH a 431 e 522 nm

Il pKa è stato ottenuto determinando il pH del punto di intersezione dei tratti lineari delle due curve di Figura 9, come riportato in Figura 10.

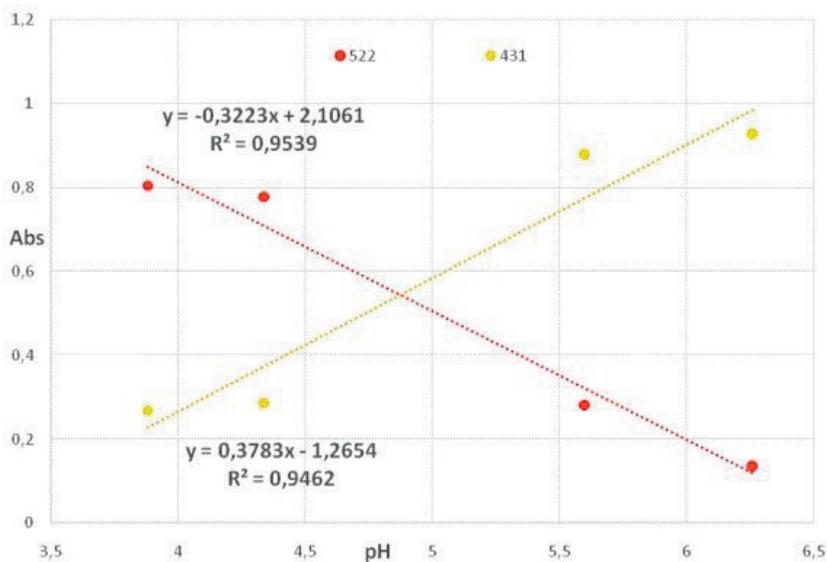


Figura 10. Abs vs pH a 431 e 522 nm

Per determinare questo punto, che è comune ad entrambe le rette, le coordinate x e y del punto devono obbligatoriamente soddisfare entrambe le equazioni lineari:

$$-0,3223x + 2,1061 = 0,3783x - 1,2654$$

$$0,7006x = 3,3715$$

$$x = 4,812 \quad \text{pKa} = 4,812$$

Secondo metodo

Il secondo metodo è stato quello di rappresentare il $\log [(A_{\text{HA}} - A_i)/(A_i - A_{\text{A}^-})]$ in funzione del pH (equazione 7), dove A_{HA} è l'assorbanza della soluzione acida, A_i è ogni assorbanza intermedia e A_{A^-} è l'assorbanza della soluzione basica. Per ottenere i migliori risultati, è stata scelta la lunghezza d'onda dove la differenza tra le curve di assorbanza delle soluzioni acida e basica è maggiore, che, nel nostro caso, corrisponde a $\lambda = 522 \text{ nm}$.

Quando viene eseguita la regressione lineare dei dati, l'equazione risultante è

$$\text{Log} \left(\frac{A_{\text{HA}} - A_i}{A_i - A_{\text{A}^-}} \right) = 0,7038 \cdot \text{pH} - 3,3361 \quad (9)$$

Un grafico dei dati e la regressione lineare sono illustrati nella Figura 11. Il pKa è ottenuto dalla intersezione della retta con l'asse x secondo l'equazione

$$\text{Log} \left[\frac{(A_{\text{HA}} - A_i)}{(A_i - A_{\text{A}^-})} \right] = \text{pH}_i - \text{pKa}$$

Inoltre

$$\log \left[\frac{(A_{\text{HA}} - A_i)}{(A_i - A_{\text{A}^-})} \right] = 0$$

Per cui

$$0,7038 \cdot \text{pH} - 3,3361 = 0$$

$$0,7038 \cdot \text{pH} = 3,3361$$

$$\text{pH} = \frac{3,3361}{0,7038} = 4,740125 = \text{pKa}$$

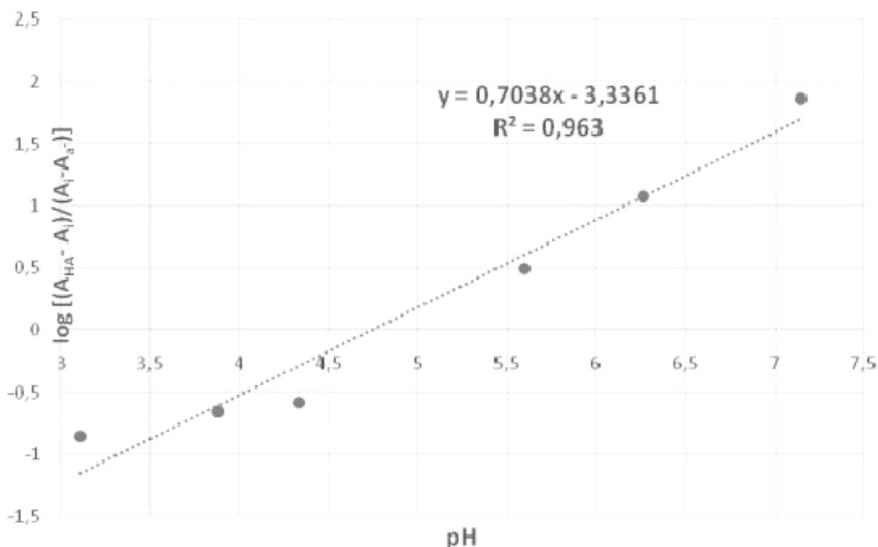


Figura 11. Regressione lineare dell'equazione $\log [(A_{HA} - A_i)/(A_i - A_a)]$ in funzione del pH.

Terzo metodo

Il terzo metodo è quello di utilizzare l'equazione (6) risolta per pK_a:

$$pK_a = pH_i - \log \left[\frac{(A_{HA} - A_i)}{(A_i - A_a)} \right] = 4,922 \quad (10)$$

dove pH_i è il valore intermedio tra i valori estremi di acidità e basicità (pH=2 e pH=9,59). Il pH intermedio selezionato è stato quello a pH = 4,34, che è stato scelto per la sostanziale coincidenza del suo punto isobestico con quelle delle soluzioni a pH acido e basico rispettivamente più basso e più alto, come illustrato nella Figura 12.

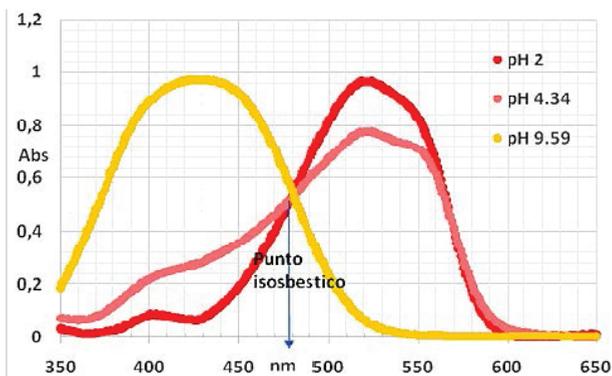


Figura 12. Curva di assorbanza delle soluzioni a pH acido, basico e intermedio

Al punto isosbastico il valore dell'assorbanza non dipenderà dal valore delle concentrazioni delle singole specie ma dalla somma di queste. La presenza di questo punto in cui l'assorbanza resta costante al variare del pH, costituisce la prova che il nostro sistema è costituito da due soli componenti in rapido scambio tra di loro.

Conclusioni

La spettrofotometria UV/visibile è stata utilizzata per determinare il valore del pK_a di un indicatore acido-base, il rosso metile. Dall'applicazione di due metodi grafici e uno matematico è stato stimato un $pK_a = 4,87 \pm 0,09$. La media ottenuta è in ottimo raccordo con i dati riportati in letteratura ($4,90 \pm 0,20$) [14-16].

Equazione	pK_a
1° Metodo "Grafico"	4,84
2° Metodo "Grafico"	4,81
3° Metodo "Matematico"	4,95
Media dei metodi	4,87
Deviazione standard	0,09

Bibliografia – Sitografia

- [1] L. E. Vidal Salgado, C. Vargas-Hernández, Spectrometric determination of the pK_a , isosbestic point and equation of absorbance vs. pH for a universal pH indicator, American Journal of analytical Chemistry, 2014, 5, 1290-1301.
- [2] Jetse Reijenga, Arno van Hoof, Antonie van Loon and Bram Teunissen, Development of Methods for the Determination of pK_a Values. Anal. Chem. Insights, 2013, 8, 53-71.
- [3] Meloun, M., Bordovská, S. and Vrana, A. (2007) The Thermodynamic Dissociation Constants of the Anticancer Drugs Camptothecine, 7-Ethyl-10-hydroxycamptothecine, 10-Hydroxycamptothecine and 7-Ethylcamptothecine by the Least-Squares Nonlinear Regression of Multiwavelength Spectrophotometric pH-Titration Data. Analytica Chimica Acta, 584, 419-432.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2006.11.049>
- [4] Meloun, M., Bordovská, S. and Galla, L. (2007) The Thermodynamic Dissociation Constants of Four Non-Steroidal anti-Inflammatory Drugs by the Least-Squares Nonlinear Regression of Multiwavelength Spectrophotometric pH-Titration Data. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 45, 552-564.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2007.07.029>

- [5] Mitchell, R.C., Salter, C.J. and Tam, K.Y. (1999) Multiwavelength Spectrophotometric Determination of Acid Dissociation Constants Part III: Resolution of Multi-Protic Ionization Systems. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 20, 289-295.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0731-7085\(99\)00041-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0731-7085(99)00041-2)
- [6] Tam, K.Y., Hadley, M. and Patterson. W. (1999) Multiwavelength Spectrophotometric Determination of Acid Dissociation Constants Part IV: Water-Insoluble Pyridine Derivatives. *Talanta*, 49, 539-546.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0039-9140\(99\)00010-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0039-9140(99)00010-7)
- [7] Amador-Hernández, J., Rojas-Hernández, A. Madai, E., De La Garza-Rodríguez, M., Velázquez-Manzanares, M. and Medina-Vallejo, L.F. (2014) New Chemometric Strategies in the Spectrophotometric Determination of pKa. *European Journal of Chemistry*, 5, 1-5. <http://dx.doi.org/10.5155/eurjchem.5.1.1-5.901>
- [8] Ivanov, V.M., Adamova, E.M. and Figurovskaya, V.N. (2010) Acid-Base, Spectrophotometric, and Colorimetric Properties of 1, 2-Dihydroxyantraquinone-3-sulfoacid (Alizarin Red S). *Journal of Analytical Chemistry*, 65, 473-481. <http://dx.doi.org/10.1134/S1061934810050072>
- [9] Kong, X., Zhou, T., Liu, Z. and Hider, R.C. (2007) pH Indicator Titration: A Novel Fast pKa Determination Method. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 96, 2777-2783. <http://dx.doi.org/10.1002/jps.20959>
- [10] Albert, A.; Serjeant, E. P. *The Determination of Ionization Constants: A Laboratory Manual*; Chapman and Hall: London, 1971.
- [11] <http://www.colby.edu/chemistry/PChem/lab/pKaMethylRed.pdf>
- [12] <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000282/spectroscopy-in-a-suitcase-uv-vis-student-resources>
- [13] <http://chemlab.truman.edu/CHEM222manual/pdf/pka1.pdf>
- [14] Tobey, S.W. *J. Chem. Educ.* 1958, 35, 514.
- [15] Khalafi, L.; Rohani, M.; Afkhami, A. *J. Chem. Eng. Data* 2008, 53, 2389.
- [16] Patterson, G. S. *J. Chem. Educ.* 1999, 76, 395.

Appendice

Metodo 1

$$y = ax + b \qquad y =$$

$$y' = a'x + b' \qquad y' =$$

Metodo 1

$$a + a' \qquad 0,63$$

$$b + b' \qquad 3,05$$

$$pK_a \qquad 4,84$$

Metodo 2

Metodo 2 (522)	pH3,11	pH3,88	pH4,34	pH5,6	pH7,15
$A_{HA^-} - A_i$	0,11	0,16	0,18	0,68	0,83
$A_i - A_{A^-}$	0,79	0,74	0,71	0,22	0,07
Quoziente	0,14	0,21	0,26	3,09	11,64
log quaziente	-0,85	-0,68	-0,59	0,49	1,07
$y = ax + b$	$y = 0,64x + 3,08$				
a	0,64				
b	3,08				
pH = pKa	4,81				

Un approfondimento sull'auto-organizzazione della materia e sui concetti di materia, energia e informazione

Roberto Soldà

roberto.solda@libero.it

Riassunto

Da diversi anni, nella scuola secondaria di secondo grado, alcuni esperimenti sulle reazioni oscillanti vengono effettuati, insieme ad altri, per presentare aspetti spettacolari della chimica (la "magia" della chimica).

D'altra parte vari concetti relativi alla complessità, al caos ed all'auto-organizzazione della materia, ecc. vengono ormai introdotti, a diversi livelli, in qualsiasi tipo di scuola.

In questo articolo si propone un approfondimento relativo a tali concetti, utilizzando come approccio sperimentale proprio gli stessi esperimenti sulle reazioni oscillanti che vengono usati per "dimostrare" la magia della chimica.

A tale scopo viene presentato un possibile itinerario didattico per collegare gli elementi di chimica e quelli di scienze della terra e biologia, prescritti nelle indicazioni nazionali del biennio della scuola secondaria di secondo grado.

Abstract

For several years, the secondary school degree, some experiments on oscillating reactions are carried out, along with others, to present spectacular aspects of chemistry (the "magic" of chemistry).

On the other hand various concepts related to the complexity, chaos and self-organization of matter, etc. They are now introduced, at different levels, in any type of school.

In this article a relative to these concepts deepening proposes, as an experimental approach using just the same experiments on oscillating reactions that are used to "prove" the magic of chemistry.

To this end, it presents a possible learning path to connect the chemical elements and those of the earth and biological sciences, prescribed in national guidelines of the biennium of the secondary school

Introduzione

Prima di entrare nei dettagli dell'articolo, si ritengono opportuni dei cenni relativi agli argomenti trattati.

1- In chimica, le reazioni oscillanti, in cui si osservano variazioni periodiche nel tempo e anche nello spazio delle concentrazioni di intermedi e catalizzatori, sono uno dei più noti esempi di fenomeni complessi e sono alla base di processi a livello cellulare e subcellulare, come la glicolisi enzimatica, la respirazione e la replicazione di filamenti di DNA. Inoltre sono interessanti per la didattica, in quanto alcuni esperimenti sulle reazioni oscillanti si possono proporre anche in un corso elementare di chimica, oltre che per gli aspetti “magici” tali da suscitare meraviglia e stupore, come esempi di reazioni particolari che avvengono con una *locale* diminuzione di entropia del sistema più che compensata dall'aumento di entropia dell'ambiente. Ciò, come altre trasformazioni fisiche e chimiche che hanno tendenza ad avvenire tenendo in considerazione la variazione *totale* di entropia.

2- Per quanto riguarda il concetto di auto-organizzazione della materia, esso è stato introdotto, nel caso delle reazioni oscillanti, assumendo che la materia che reagisce abbia la proprietà di definire le condizioni spaziali e temporali del suo sviluppo, conferendo ordine e , appunto, organizzazione alla trasformazione dei reagenti in prodotti.

E questo concetto implica quasi inevitabilmente il riferimento ad uno scambio di “informazione”.

3- Ecco quindi che diviene importante, nel limite delle capacità medie della propria classe, anche un approfondimento del concetto di informazione.

D'altra parte i ragazzi conoscono già il termine informazione nel senso scientifico, perché esso viene molto utilizzato nel corso di scienze della terra e biologia del biennio della S.S. di 2° grado, oltre che nel corso di osservazioni scientifiche della S.S. di primo grado (DNA detentore di informazione, RNA latore di informazione)

Ma tale concetto ha assunto una particolare funzione anche in chimica fisica, accanto ai concetti di energia e materia, poiché l'informazione è importante per i sistemi che presentano caratteristiche di auto-organizzazione, come appunto le reazioni oscillanti.

Infatti, essa è capace di imprimere un'organizzazione a quella che altrimenti sarebbe una materia bruta, una miscela disordinata di molecole.

Inoltre, come è noto, c'è un rapporto fra disordine (entropia) ed informazione, nel senso che, ad esempio, si può dire che una molecola possiede una struttura ordinata invece di essere semplicemente un agglomerato di atomi.

Cioè: “una perdita di informazione su un dato sistema corrisponde ad un aumento di disordine, e viceversa”.

Altre note per l'insegnante

Le domande:

“ Chi siamo? Che cos'è la vita? Da che cosa hanno avuto origine l'universo e gli esseri viventi? L'ordine può o non può nascere dal caos? Se i processi spontanei portano sempre al disordine, come può sopravvivere un organismo vivente, altamente organizzato come esso è? Per il fenomeno dell'origine della vita, vale l'affermazione: dal caos nasce l'ordine? “

Le parole: caos, complessità, sistema dinamico, auto-organizzazione della materia, informazione, ecc. sono attualmente abbastanza diffuse a livello di divulgazione scientifica

In particolare è noto che, per trovare risposte o anche solo ipotesi soddisfacenti all'origine ed all'evoluzione della vita, i biologi ed i chimici hanno affrontato ed affrontano tali questioni cercando di applicare il metodo sperimentale.

Per cui, limitandoci solo ad alcuni cenni, al momento attuale, oltre i due filoni dell'evoluzionismo (l'ordine può nascere spontaneamente dal caos) e del creazionismo (l'ordine non può nascere spontaneamente dal caos), secondo le ricerche recenti si ipotizza, per esempio, che il nostro antenato comune sia un organismo unicellulare denominato con l'acronimo L.U.C.A. (last universal common ancestor).

Inoltre, secondo la teoria evoluzionista, per quanto riguarda la problematica sulle origini espressa anche dal paradosso dell'uovo e della gallina cioè dal “dilemma di chi si sia formato per primo tra l'uovo e la gallina”, in base alle ultime ricerche risulterebbe che la riproduzione asessuata si sia sviluppata in seguito, cioè che in principio fosse il sesso e quindi che l'uovo precede la gallina.

D'altra parte i fenomeni relativi al caos, alla complessità e all'auto-organizzazione della materia, oltre ad essere oggetto attuale di ricerca e di dibattito scientifico, implicano ormai concetti chiave del “bagaglio culturale” anche degli allievi.

Non a caso, a livello di scuola secondaria di primo grado, tali fenomeni vengono proposti fornendo alcune elementari nozioni sull'auto-organizzazione e informazione della materia in collegamento con gli argomenti dell'evoluzione e della nascita della vita, durante lo svolgimento del programma di osservazioni scientifiche del terzo anno.

Pertanto si ritiene che, a livello di scuola secondaria di secondo grado, i suddetti fenomeni potrebbero essere approfonditi collegandoli, da una parte, agli argomenti dell'evoluzione e nascita della vita svolti nella scuola media inferiore e nel biennio della scuola media superiore, da un'altra parte, agli elementi di termodinamica trattati in un corso di chimica di base.

Comunque è ovvio che, per quanto riguarda gli elementi di termodinamica, si intendono quelli relativi agli aspetti termodinamici delle trasformazioni, limitandosi a considerazioni intuitive basate sui due fattori associati ad esse: il fattore probabilistico (l'ordine/il disordine) e il fattore energetico (il calore di reazione).

Ossia, affinché una trasformazione fisica o chimica possa avvenire, è necessario che almeno uno dei due fattori, energetico o probabilistico, sia favorevole.

Se essi sono concordanti, nel senso che i prodotti della trasformazione hanno un'energia ed un grado di ordine minore dei reagenti, la trasformazione sarà molto favorita.

Se invece essi sono in contrasto, tale trasformazione potrà avvenire solo se il fattore favorevole prevale su quello sfavorevole.

In alternativa, volendo fare riferimento al principio che una trasformazione è spontanea solo se il disordine *totale*, (cioè il disordine del sistema + quello dell'ambiente) aumenta, allora è necessario insegnare che, come è noto, sotto il “travestimento” del calore di reazione scambiato con l'ambiente si cela il disordine dell'ambiente.

Ciò premesso, in questo articolo viene proposto, come si è detto, un itinerario didattico basato sugli stessi esperimenti relativi alle reazioni oscillanti che ormai da diversi anni vengono proposti, come reazioni spettacolari e “magia della chimica”.

In questo modo si possono anzitutto approfondire alcune nozioni di biologia in possesso dei ragazzi.

Inoltre, avvalendosi delle conoscenze di termodinamica acquisite nel corso del programma di chimica generale del biennio, gli studenti possono approfondire (se l'insegnante lo ritiene possibile) su basi sperimentali:

- l'apparente paradosso per cui, nei sistemi chimici con comportamento oscillante (come ad esempio le reazioni oscillanti), si può dire che dal "caos nasce l'ordine". Infatti ciò, come è noto, si spiega perché, per essi, risulta che il *disordine complessivo* dato da: (disordine del sistema + disordine dell'ambiente) è maggiore di zero, cioè aumenta, come deve essere affinché una trasformazione abbia tendenza ad avvenire

- i concetti di auto-organizzazione ed informazione molto usati soprattutto in biologia ed utili, ad esempio nel caso delle reazioni oscillanti (ma non solo), per fornire una semplice interpretazione di “comportamenti strani”, altrimenti non spiegabili a livello di chimica di base.

Basandosi su ciò gli studenti possono comprendere anche abbastanza facilmente il motivo per cui, a proposito degli organismi viventi (entità con un alto grado di organizzazione) sia giustificabile l'affermazione “dal caos nasce l'ordine”. Infatti, anche in questo caso, si può dire che l'aumento di disordine dell'ambiente supera la diminuzione di disordine del sistema

(rappresentato qui dalla “struttura” altamente organizzata degli organismi viventi), ossia il disordine *complessivo* aumenta, in quanto, nei loro tessuti, essi “amministrano” una diminuzione *locale* di entropia (disordine) a spese di un aumento di disordine molto maggiore negli alimenti, in modo che, *in totale*, risulta un aumento di entropia.

Infine, a proposito delle due ipotesi causale e casuale dell'origine della vita, si può far notare (accennando eventualmente agli esperimenti di Miller e degli altri scienziati) che l'ipotesi casuale dell'origine della vita dalla materia inanimata è sostenuta da molti scienziati, ma l'affermazione: “dal caos nasce l'ordine” non è valida.

Infatti, in questo caso, nel processo relativo ad una trasformazione dal disordine all'ordine è implicata una trasformazione di materia *inanimata* a materia *animata*, dove con il termine materia *animata* s'intende un organismo vivente.

E, come è noto, gli scienziati Spallanzani, Redi e Pasteur hanno dimostrato sperimentalmente che “la vita nasce dalla vita” e finora nessun esperimento ha dimostrato il contrario.

Obiettivi didattici

Gli obiettivi didattici che si intendono raggiungere sono:

- 1) approfondire alcuni concetti di termodinamica relativi agli organismi viventi collegandoli alle nozioni di biologia della scuola secondaria di primo e secondo grado ai concetti di cinetica, termodinamica acquisiti nel corso di chimica di base della scuola media superiore
- 2) introdurre e approfondire, nei limiti di una comprensione intuitiva, alcuni concetti relativi all'auto-organizzazione della materia” e di “informazione chimica” collegandoli ai concetti di energia, materia, ordine e disordine

Prerequisiti

- Concetti elementari di chimica generale a livello di biennio della S:S:S.
- Concetti elementari relativi all'equilibrio chimico ed alla cinetica
- Concetti elementari di termodinamica, basati su considerazioni intuitive sul disordine /ordine e energia termica associate alle trasformazioni
- Elementi di chimica organica e biologia a livello di biennio della S.S.S.
- Sapere decidere, senza svolgere calcoli, come variano il disordine del sistema e quello dell'ambiente nelle trasformazioni fisiche e nelle reazioni e se tali trasformazioni hanno tendenza ad avvenire oppure no
- Esperimenti su reazioni oscillanti.

Itinerario didattico**A) Approfondimento sul comportamento oscillante delle reazioni oscillanti**

Premesso che, in un corso di chimica di base, sia assolutamente esclusa la possibilità di considerare il meccanismo di reazione, è possibile tuttavia proporre due livelli di impegno a seconda delle capacità medie della propria classe.

Ossia, limitandosi ad un livello elementare, fare notare che per il comportamento oscillante, è necessario assolutamente che la reazione in esame sia molto lontana dalla condizione di equilibrio chimico.

Oppure, ad un livello superiore, impegnare i ragazzi in un lavoro personale di approfondimento guidato da una scheda appropriata per fare “scoprire” le tre condizioni necessarie per il comportamento oscillante di qualsiasi sistema chimico.

Cioè

- 1- lontananza dalla condizione di equilibrio.
- 2- presenza di un processo di retroazione
- 3- esistenza di due possibili stati stazionari quasi stabili.

In questo caso è consigliabile però che l'esperimento sia effettuato a livello dimostrativo dall'insegnante.

Tale esperimento consiste nel fare osservare la differenza di comportamento di due pile a concentrazione allestite in due modi diversi.

Lo schema della pila è il seguente:



La pila “normale” viene allestita come il solito, mentre l'altra pila “particolare” viene allestita come riportato in Figura 1 e seguendo il procedimento esposto di seguito.

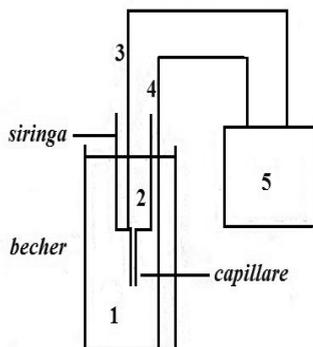


Figura 1. Rappresentazione schematica dell'apparecchiatura sperimentale.

- 1 H₂O,
- 2 soluzione satura,
- 3 lamina di rame,
- 4 lamina di rame,
- 5 dispositivo per il montaggio

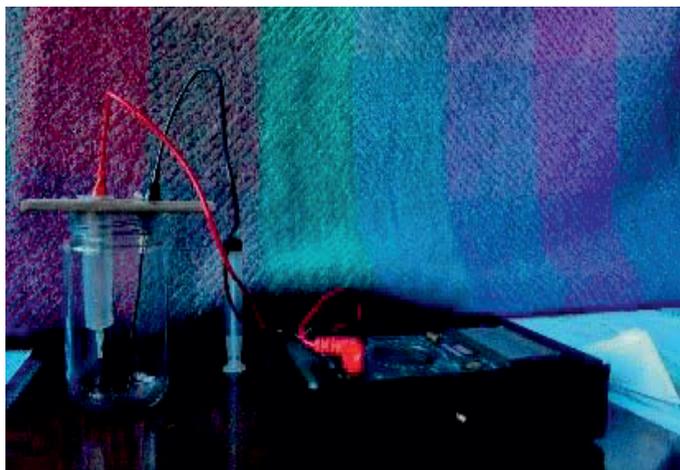


Figura 2. Apparecchiatura per le misure

Materiali e reattivi

- acqua distillata
- due lamine di Cu di dimensioni circa 0,5 cm x 10 cm, ripulite con carta vetrata, lavate e risciacquate con H₂O
- CuSO₄ 5 H₂O ,
- becher da 125 mL o vaso di vetro (h circa 12 cm ; diametro circa 10 cm)
- alcune siringhe di plastica da 10 mL con beccuccio e ago centrale
- listello di plastica o cartone, con foro di diametro corrispondente a quello della siringa usata, per il sostegno di essa e per l'appoggio sui bordi del becher o del vaso di vetro
- ugello dosatore per liquido reperibile presso rivenditori di materiali per odontotecnici
- capillare di vetro o PVC (diametro circa 1mm)
- una siringa, nel cui beccuccio (dopo aver tolto l'ago) si sia infilato un ugello o un capillare di vetro o PVC
- tester digitale usato come millivoltmetro.

Procedimento e descrizione

Si prepara, a temperatura ambiente, una soluzione satura di CuSO₄. Fissata la siringa (con ugello o capillare) nell'apposito listello di sostegno, vi si versano circa 10 mL della prima soluzione satura, quindi si tappa affinché non fuoriesca il liquido. A questo punto si appoggia la siringa, mediante il relativo sostegno, sul becher.

Infine si versa nel becher un volume di H_2O tale che il livello diventi circa uguale a quello della soluzione nella siringa, come indicato in Figura 1.

Stappata la siringa, si introducono nei due recipienti le lamine di Cu previamente collegate alle apposite boccole del tester analogico o digitale.

A causa dello squilibrio di pressione idrostatica, la soluzione satura comincia a scendere attraverso l'ugello (o il capillare); si ha poi una pausa e quindi il liquido del becher sale attraverso l'ugello (o il capillare) iniziando il fenomeno della retroazione.

E così comincia e si ripete un comportamento oscillante che persiste fino a quando si raggiunge l'uguaglianza delle concentrazioni delle soluzioni nei due recipienti.

Monitorizzando la differenza di potenziale delle due pile, i ragazzi osservano facilmente il comportamento "lineare" della pila "normale" e il comportamento "strano" di quella "particolare".

In Figura 3 è riportata la registrazione potenziometrica della differenza di potenziale, ma le oscillazioni sono ben visibili senza registratore potenziometrico.

In questo modo, nella discussione relativa alle osservazioni degli allievi, si spiegano abbastanza facilmente le tre condizioni anche per il comportamento oscillatorio delle reazioni oscillanti.

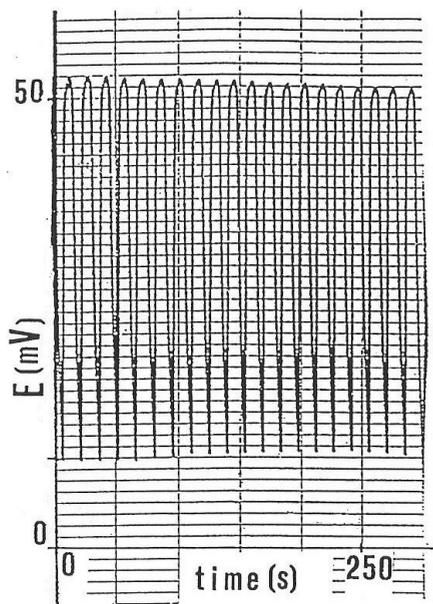


Figura 3. Comportamento oscillante del sistema (massimo e minimo entrambi positivi) $CuSO_4 - H_2O$ (ascissa 1 cm = 50s; ordinata 1 cm = 6,2 mV)

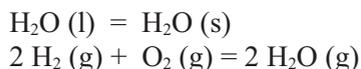
B) Il significato dell'asserzione: “ Dal caos nasce l'ordine”

In questa fase anzitutto è opportuno verificare che i concetti di termodinamica relativi all'argomento: “Perché avvengono le reazioni?” siano stati bene appresi.

In particolare è molto importante che gli allievi abbiano compreso che “una trasformazione fisica o chimica può avere tendenza ad avvenire anche con una diminuzione di disordine *locale* (= aumento di ordine)” anche se ciò sembra in contrasto con il secondo principio della termodinamica.

Ossia si ribadisce che in questo caso la tendenza della trasformazione ad avvenire è permessa dal favorevole fattore energetico (equivalente, come è noto, ad un favorevole aumento di disordine dell'ambiente): il che consente un aumento *complessivo* del disordine.

A questo proposito si esaminano in dettaglio, se occorre, alcune trasformazioni, come ad esempio:



ponendo in evidenza che, in queste trasformazioni, si può dire che “dal caos nasce l'ordine” perché, nella transizione dai reagenti ai prodotti, si passa da uno stato iniziale di maggiore disordine ad uno stato finale di minore disordine.

C) Nelle reazioni oscillanti, dal caos nasce l'ordine a causa dell'auto-organizzazione della materia

Partendo dalle osservazioni degli alunni, si fa notare che i risultati ben visibili dei cambiamenti ritmici di differenti colori, avvenuti entro intervalli di tempo ben definiti, possono essere spiegati con la frase: dal caos della miscela reagente nasce l'ordine, poiché anche in questo caso la diminuzione di disordine del sistema reagente è più che compensata da un aumento di disordine dell'ambiente. E, per interpretare tale strano comportamento, si può assumere che la materia che reagisce abbia la proprietà di definire le condizioni spaziali e temporali del suo sviluppo, dando ordine ed organizzazione al procedere della reazione, cioè auto-organizzandosi.

In questo modo le reazioni oscillanti vengono ad essere un efficace esempio di transizione dal disordine all'ordine, derivata da un'auto-organizzazione che, richiamando brevemente le conoscenze pregresse dei ragazzi, relative alle strutture altamente organizzate del DNA e dell'RNA, si collega abbastanza facilmente al concetto di informazione.

D) Per gli organismi viventi e l'origine della vita sono valide l'asserzione: “dal caos nasce l'ordine” e “l'interpretazione” dell'auto-organizzazione della materia?

A questo punto, richiamando alcune conoscenze di biologia pregresse dei ragazzi relativamente alla cellula, alle teorie sull'origine della vita, ecc., si può concludere con una breve discussione inerente alla termodinamica degli organismi viventi e al problema dell'origine della vita, soffermandosi, come detto nelle note precedenti, sul fatto che l'asserzione: “dal caos nasce l'ordine” e “l'interpretazione” dell'auto-organizzazione della materia si possono ritenere valide per gli organismi viventi, ma non per l'origine della vita.

Note finali

- E' ovvio che, a prescindere dai diversi livelli di impegno richiesto per l'approfondimento, in ogni caso sarebbe auspicabile una collaborazione interdisciplinare tra i docenti di chimica e di scienze della terra e biologia.
 - Il tempo necessario per le attività di laboratorio, compreso l'esperimento a livello dimostrativo descritto nella fase B) è circa 2 ore.
- Il tempo richiesto per la discussione delle osservazioni e dei risultati sperimentali è invece circa un'ora.

Ringraziamenti

Sono grato ai Proff. Ermanno Niccoli e Rinaldo Cervellati per l'interessamento e per le discussioni che hanno contribuito a migliorare la stesura di questo lavoro.

Sono altresì grato ai Proff. Luigi Bressan, Anna Cecchini e Pietrino Biondi per le utili ed interessanti osservazioni relative agli aspetti degli argomenti coinvolgenti le discipline umanistiche.

Bibliografia

- [1] R.E. Dickerson, I. Geis, *Chimica. Materia e universo*, Zanichelli Editore, Bologna 1980.
- [2] P. W. Atkins, *Chimica Fisica*, Zanichelli Editore, Bologna 1989.
- [3] J. Gleick, *Caos*, Rizzoli Editore, Milano 1989.
- [4] J. Gleick, *L'informazione: una storia, una teoria, un diluvio*, Feltrinelli Editore, Milano 2015.
- [5] P. Manzelli, *Energia, materia e informazione. Riflessioni sullo sviluppo concettuale della chimica*, CnS- La Chimica nella Scuola, giugno 1989, pp.12-16.
- [6] G. Del Re, *Organizzazione ed informazione in biologia molecolare*, La Nuova Critica, **15**, pp.47-61, Roma 1981.
- [7] R. Cervellati, *Le reazioni chimiche oscillanti. Una introduzione*, CLUEB Editore, Bologna 1995.
- [8] R. Soldà, *Un approccio sperimentale alle condizioni necessarie per il comportamento oscillante dei sistemi chimici*, CnS- La Chimica nella Scuola, genn.-febb. 1998, pp.24-26.

- [9] F. Crick, *L'origine della vita*, Garzanti Editore, Milano 1983.
- [10] E. Schrodinger, *Che cos'è la vita? La cellula vivente dal punto di vista fisico*, Adelphi Editore, Milano 1995.
- [11] G. D. Guerra, *L'origine della vita*, D'Ettoris Editori, Crotone 2016.
- [12] G. Fabbri, P. Mirone, C.P. Zoratti, G. Pellacani, G. Scorrano, G. Torre, *Chimica*, Edizione Calderini, Bologna 1986.
- [13] F. Bagatti, E. Corradi, A. Desco, C. Ropa, *Chimica dappertutto*, Zanichelli Editore Bologna 2015 .

Colloquio intervista con Richard Hoffmann

Liberato Cardellini

Università Politecnica delle Marche, Ancona.

l.cardellini@univpm.it

Siamo in procinto d'incontrare un uomo poliedrico, estremamente ricco di capacità mentali e di valori etici. Lo scopo di questa intervista è di trasmettere ai lettori un prova della sua combinazione unica di scienza, arte e umanità. Hoffmann ha gentilmente accettato di essere intervistato e ciò che segue è una conversazione tra lui e l'autore.

Inizi difficili

Liberato Cardellini: Cominciamo con il suo nome. Perché Roald Hoffmann?

Roald Hoffmann: mi fu dato il nome Roald in ricordo dell'esploratore polare norvegese Roald Amundsen. Morì 10 anni prima che io nascessi, ma sul giornale c'era un articolo che lo riguardava; i miei genitori lo lessero e mi diedero il suo nome. Sono nato come Roald Safran. Mio padre è stato ucciso dai nazisti nel 1943. Dopo la guerra mia madre si risposò e ho preso il cognome del mio patrigno e divenni Roald Margulies. Quindi, nel lasciare la Polonia, abbiamo comprato i documenti di un tedesco morto di nome Hoffmann e ho adottato quel nome. Era più facile entrare negli Stati Uniti con nazionalità tedesca, piuttosto che Polacca. Così va la vita!

Nella sua vita lei ha sperimentato i più grandi e i più oscuri momenti dell'animo umano. Riesce a ricordare alcune delle persecuzioni che ha dovuto patire, per la posizione morale delle nuove generazioni?

Ho attraversato periodi molto oscuri - mio padre, tre dei miei nonni e diverse zie e zii sono stati uccisi. Mio madre e io siamo sopravvissuti, ma non siamo sopravvissuti perché eravamo esseri umani migliori. Siamo sopravvissuti per caso, per la consapevolezza politica (socialista) dei miei genitori. E perché siamo stati aiutati da un uomo buono. È così triste pensare a come molti hanno perso la vita. Dei 4000 ebrei in Zloczów, dove sono nato, forse 200 sono sopravvissuti alla guerra, tra di loro cinque bambini.

È possibile trovare una spiegazione alla cattiveria umana? Come si può dare un senso al dolore?

Ah, Liberato, queste sono le domande. E la scienza non è di alcuno aiuto nel rispondere a esse. Non esiste una "soluzione" al dolore. Solo un'infinita, mutevole serie di risoluzioni, in cui la mille-e-unesima "risposta" ha la stessa validità del millesima. Sono le poesie a fornire alcune delle migliori soluzioni.

Diventare un chimico

Lei è un chimico teorico. Chi ha ispirato il suo amore per la chimica organica? Perché “Creare Molecole” pone la chimica molto vicina alle arti?

Mi è piaciuta la chimica organica dal momento in cui l’ho incontrata al collegio universitario della Columbia. Ma fu solo la collaborazione con R. B. Woodward che mi ha fatto comprendere la bellezza di questa costruzione intellettuale, sia nella struttura che nella sintesi. Per quanto riguarda la seconda domanda, i chimici creano le molecole, con il duro lavoro, la costruzione intelligente, e il caso. Loro creano, soggetto ad alcune regole superiori, qualcosa di nuovo, spesso qualcosa che prima non esisteva sulla Terra. E poi studiano la loro creazione, vedono le sue proprietà e le relazioni. La contemplano. E continuano a fare altre molecole. Credo che il processo sia molto simile a quello artistico. Ma esistono delle differenze.

Qual è stato il significato del laboratorio nella sua esperienza come studente e insegnante?

Da studente ero abbastanza bravo nei laboratori. Ho amato la fisicità del soffiare il vetro e delle soluzioni che cambiano colore. Mi è piaciuto il momento esistenzialista nell’ottenere un’analisi qualitativa o quantitativa di una sostanza ignota.

Chimica didattica

Come insegnante di chimica generale, quali sono le cose più importanti che lei spera di instillare nei suoi studenti?

Che la chimica è nel cambiamento; che vi è ciononostante un equilibrio, ma è un equilibrio che può essere disturbato. Che il mondo naturale è complicato, per delle buone ragioni, anche se riusciamo a vivere in questa complessità.

Come ricercatori sosteniamo una lunga formazione nei laboratori. Come insegnanti, una professione molto esigente, acquisiamo le competenze lungo il percorso. Perché l’insegnamento e l’apprendimento non sono prese sul serio [12]?

Penso che siano prese sul serio. Impariamo dai nostri errori (nella scienza, non in amore). E se siamo buoni maestri, impariamo ad ascoltare, almeno in parte, ciò che i nostri studenti ci dicono. Così per esempio, vogliamo che loro vedano le relazioni tra le varie parti della chimica e il nostro mondo e loro ci dicono che vogliono soltanto sapere cosa ci sarà all’esame. La via di mezzo è che la compartimentazione non è una cattiva strategia per l’apprendimento, o per la costruzione di automobili, o al funzionamento di una cellula eucariote. Tuttavia esiste un tempo per essere umani, che significa passare al di là della compartimentazione, per vedere le connessioni che rendono la vita interessante.

Come può la chimica aiutare nel risolvere il problema dell'inquinamento?

Con lo sviluppo di metodologie della “chimica verde” che evitano gli sprechi, che sono economiche in atomi e in energia e che utilizzano solventi amici dell'ambiente.

La ricerca chimica, passato e presente

Qual è il suo “stile di ricerca”? Qual è la questione che sta investigando ora?

Il mio stile ricerca è quello di entrare nel dettaglio, non di muoversi verso un obiettivo generale o lavorare su problemi percepiti come importanti. Come entro nel dettaglio, tengo gli occhi aperti per le connessioni e spesso ci sono [13-15]. Sto lavorando in questo momento con grande gioia nel tentativo di capire le strutture complesse che le molecole assumono ad alte pressioni, e il posto che un'intuizione chimica occupa in queste. Sono interessato anche alla progettazione di varianti del ri-arrangiamento di Bergman, un'affascinante reazione chimica, e nella progettazione di alcune nuove strutture metalliche.

Ha svolto ricerche in tutti i settori della chimica; ha ricevuto il prestigioso A. C. Cope Award in Organic Chemistry dell'ACS congiuntamente con R. B. Woodward, oltre ad aver ricevuto il Society's Inorganic Chemistry Award. Qual è il suo segreto?

Prima di tutto, sono interessato ad ogni cosa. In secondo luogo, sono stato fortunato - ho avuto un metodo teorico che mi ha permesso di fare calcoli su ogni molecola a cielo aperto. Con questo metodo era possibile trattare molecole organiche e inorganiche. In terzo luogo, ho il tipo di personalità che non si preoccupa perché il tal metodo teorico non risulta sempre esatto né matematicamente rigoroso. E poi ho imparato la fisica dello stato solido e ho visto che la lingua delle interazioni degli orbitali poteva anche essere utilizzata per capire la creazione di legami sulle superfici e nei solidi. Il filo conduttore è che il mondo chimico è connesso.

Rappresentare le idee chimiche

Gli orbitali atomici sono costruiti solo matematici e alcuni di noi - me compreso - insegnano gli orbitali senza avere una conoscenza adeguata della meccanica quantistica. Dal tempo del The Conservation of Orbital Symmetry [16] lei ha lavorato molto con gli orbitali. Quali idee degli orbitali dobbiamo insegnare in modo che non ci sia bisogno di rimuoverle in seguito? Come s'insegna questo argomento?

Credo che gli orbitali siano reali e dagli orbitali possiamo costruire il mondo della chimica. Essi hanno la più vasta portata e il modo d'unificare nella loro visione i fenomeni chimici. Hanno anche una curiosa affinità gra-

fica con le formule strutturali della chimica e, una volta appresi, in qualche modo si adattano all'intuizione geometrica del chimico.

Erwin Schrödinger ha scritto: "L'immagine del mondo di ogni uomo è e sempre rimane un costrutto della sua mente e non può dimostrare di avere una qualsiasi altra esistenza" [17]. In chimica si usano le formule: che cosa rappresentano le formule chimiche? Quanto assomigliano alla realtà?

Ci sono vari strati nella rappresentazione e ciascuno ha la propria utilità. Le formule sono tutto quello che necessitiamo per fare stechiometria. Le strutture chimiche forniscono connettività, ciò che è legato a qualcos'altro. Poi ci sono le primitive grafiche e modelli che usiamo per comunicare le forme tridimensionali essenziali. Esiste una realtà sottostante con molte sue rappresentazioni.

Lei vede la bellezza nella struttura delle molecole e parla di "Inaspettata perdita simmetrica della bellezza (platonica e brasiliana) del buckminsterfullerene" [18]. In che senso la consapevolezza e l'apprezzamento estetico portano alla scoperta [19]?

In realtà i miei sentimenti sui criteri estetici nella scienza si sono evoluti, da una posizione in cui ero ubriaco, così per dire, della simmetria e delle spiegazioni semplici, verso una situazione dove ora penso che i criteri estetici possano sedurre eccessivamente. Il problema è che i criteri estetici con cui siamo nati favoriscono la semplicità, l'ordine, la simmetria, probabilmente per qualche buona ragione evolutiva. I politici capitalizzano sul nostro desiderio di semplicità. Ma il mondo non è fatto così. Spesso è complesso, disordinato, asimmetrico come un ribosoma, piuttosto che come un cubano, una molecola che amo. Il nostro problema è come vedere la bellezza nella complessità, nella nostra vita e nella natura.

La bellezza risiede in un certo estremo in tensione dove semplicità e complessità, ordine e caos, disputano insieme.

I suoi numerosi lavori sono pieni di disegni e formule. Potrebbe scrivere le reazioni delle quali è più orgoglioso e dirci qualcosa su di loro?

Quella superiore (vedi Figura 1A) è l'orbitale di frontiera che controlla la ciclizzazione conrotatoria di un butadiene a un ciclobutene – ovvero un ricordo della mia proficua collaborazione con R. B. Woodward. Sotto (vedi Figura 1B) è una catena di orbitali d in una matrice metallica lineare - questa volta il riferimento è a qualcosa di cui sono orgoglioso, avendo insegnato ai chimici di non essere spaventati dalla fisica dello stato solido. Proseguendo (vedi Figura 1C) l'orbitale π^* dell'etilene, importante nel suo legame ad un metallo del blocco d, in complessi organometallici. E in fondo (vedi Figura 1D), un movimento che trasforma il metano tetraedrico in planare quadrato – l'impensabile a cui vale la pena di pensare.

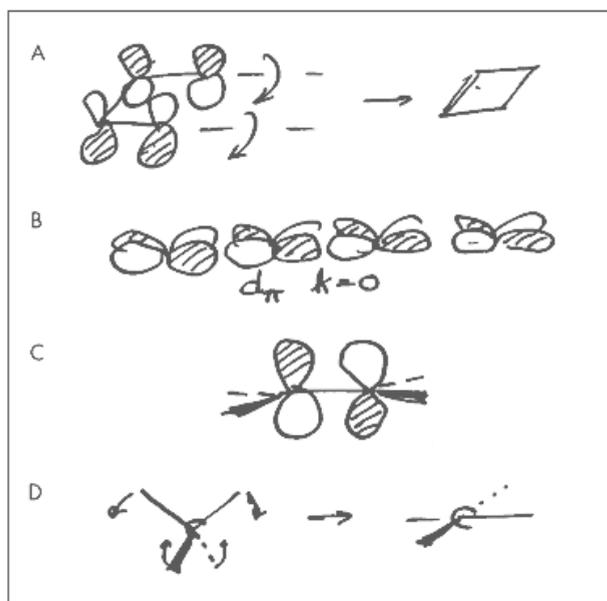


Figura 1. Le reazioni progettate da Roald Hoffmann. (A) Ciclizzazione conrotatoria del butadiene a ciclobutene. (B) Un orbitale cristallino in una catena di metalli di transizione. (C) L'orbitale π^* dell'etilene. (D) Trasformazione del metano tetraedrico in metano planare quadrato.

Convinzioni filosofiche

In che senso il ragionamento circolare è utile in chimica?

Io lo chiamerei “ragionamento quasi circolare”. Ti aiuta a ottenere il supporto per un'ipotesi e ti incoraggia ad andare avanti. È inoltre coerente con quello che io chiamo il pensiero orizzontale: ovvero, definire i concetti in termini di parole o altri concetti a livello di domande fatte nel campo. Per ulteriori informazioni su questo, si può vedere la mia lotta con il riduzionismo nel Capitolo 4 di *The Same and Not the Same* [5].

La logica della chimica non è logica matematica. Noi spesso ragioniamo in maniere che sono produttive, che costruiscono il supporto per una teoria e suggeriscono la sperimentazione. Ma esaminata in dettaglio, la logica potrebbe essere difettosa. Allora si parla di stati di ossidazione, anche se sappiamo che non sono cambiamenti reali su di un atomo. Spesso costruiamo razionalizzazioni, storie che spiegano perché qualcosa è in un modo o in un altro, per poi parlarne come previsioni. Il pensiero quasi circolare costruisce fiducia, anche se è un pensare imperfetto. Ti dà l'incentivo a tentare un esperimento [20].

Cosa c'è di sbagliato nel riduzionismo?

Il riduzionismo è una definizione di ciò che costituisce una comprensione soddisfacente. S'impone una gerarchia delle scienze, e la comprensione è definita in termini della riduzione alla scienza "al di sotto" e quindi consideriamo la biologia in termini della chimica o la chimica in termini della fisica. Questo è abbastanza stupido, non rappresentando la realtà, né il modo in cui la scienza viene fatta davvero.

Penso che ci siano almeno due tipi di comprensione; una verticale, che è riduzionista, e una orizzontale, che è la comprensione di un fenomeno in termini di un insieme di concetti, sia sperimentali che teorici, della stessa complessità dell'oggetto che si sta cercando di capire. Quindi, una poesia è compresa verticalmente in termini di attivazioni dei neuroni nella mente dell'autore e nella mente del lettore, ma è infinitamente più interessante, in termini della psicologia delle persone coinvolte e del linguaggio che usano. La maggior parte dei concetti che fanno avanzare la chimica - come l'idea di un legame chimico, di gruppi funzionali, dell'aromaticità, di acidi e basi - sono modi orizzontali di comprendere, quasi-circolari nella loro logica, non riducibili alla fisica, eppure tremendamente produttivi. Questi concetti chimici sono meno interessanti quando si cerca di ridurli alla fisica.

Primo Levi - chimico italiano che si è dedicato a rivelare al mondo le atrocità naziste - era, come lei, uno scrittore e un poeta. Cosa pensa che renda Levi grande: la sua depressione, la sua riservatezza, la sua sofferenza, o cosa?

Ciò che rende Levi grande è il suo desiderio di vedere nel dato chimico una metafora della condizione umana, e il suo talento per esprimerlo a parole per farlo apprezzare ad altri.

Ci sono analogie tra la sua didattica e la sua poesia?

In entrambe, io cerco di capire il mondo. Entrambe poi si fanno sentire, quindi sono per la gente. È per questo che voglio condividere la mia comprensione, voglio mostrare a qualcuno ciò che è bello circa il modo in cui le vibrazioni di una molecola di CO₂ riscalda le molecole di ossigeno e azoto dell'atmosfera (l'ultimo passo del riscaldamento nell'effetto serra). Un modo economico di spiegare qualcosa crea intensità. Questo è presente nella migliore poesia e nel buon insegnamento. Anche se la ripetizione ha un valore pedagogico, è meno preziosa nella poesia se non come rinforzo e dispositivo ritmico.

Lei accetta il rasoio di Occam [21] - il presupposto metafisico che il mondo è semplice - ma combatte l'idea riduzionista. Perché questa non è una contraddizione?

A dire il vero, il rasoio di Occam non mi piace affatto. È un dispositivo

che limita l'immaginazione e tende a tagliare le storie interessanti. Troppe persone applicano il rasoio di Occam nel costruire le ipotesi; ma dovrebbero applicarlo in un secondo momento, e nel frattempo tessere ipotesi che siano le più fantasiose possibile. Il rasoio di Occam funziona anche meglio all'interno di un quadro riduzionista, mentre io credo che la scienza progredisca assolutamente in maniera non riduzionista.

Una domanda finale e molto personale: Lei ha definito se stesso come "un ateo che è mosso dalla religione" [6]. Guardando il tenore della sua vita e i molti obiettivi che lei ha raggiunto, ci si chiede da dove provenga la sua forza interiore.

L'ateismo e il rispetto per la religione vengono dalla stessa sorgente. Osservo che in ogni cultura sulla Terra, assolutamente tutte, gli esseri umani hanno costruito dei sistemi religiosi. C'è un bisogno in noi di cercare di capire, di vedere che c'è qualcosa che ci unisce spiritualmente. Così gli scienziati che non rispettano la religione non riescono nel loro compito più semplice – l'osservazione. Gli esseri umani hanno bisogno della dimensione spirituale. La stessa osservazione rivela una moltitudine di costrutti religiosi - divinità della natura, spiriti, le grandi religioni monoteiste. Mi sembra che non ci possa essere un Dio o divinità; ci sono solo manifestazioni di una spiritualità costruite dall'uomo.

Ho anche scoperto che reagisco al rituale, sia che si tratti di una messa cattolica, delle sinagoghe che fanno parte del mio background ebraico, o dei riti di possessione afro-brasiliani. Ma che la mia forza interiore non proviene da lì. Proviene dalla sopravvivenza e dalla gioia di vivere. Proviene dallo sforzo di cercare di capire il mondo; bello e terribile com'è e vedere che ogni cosa è collegata a tutto il resto.

Alcune parole finali

Considerando il suo successo nel soddisfare i tanti ruoli di scienziato, insegnante, poeta, filosofo e scrittore, è un privilegio avere Roald Hoffmann come membro della nostra comunità di chimici.

Alcuni siti web di Roald Hoffmann, all'indirizzo:

<http://www.roaldhoffmann.com/> e <http://hoffmann.chem.cornell.edu/roald/> (accessibili nel febbraio 2017), forniscono una panoramica del suo lavoro scientifico e mostrano anche alcune delle sue altre opere e progetti. Il raggiungere l'eccellenza nella scienza e nell'arte può essere un compito difficile per chiunque, anche se non (sembra) per Roald Hoffmann [22]:

Non ho alcun problema facendo (o cercando di fare) sia scienza che poesia. Entrambi emergono dal mio tentativo di capire l'universo intorno a me, dal mio affetto personale nel comunicare, insegnare ciò che ho imparato, e dalla mia infatuazione per il linguaggio - la lingua inglese, così

come altre lingue che disgrazie geopolitiche mi hanno spinto in testa. ... L'atto creativo è multi-culturale e intrinsecamente altruista. Sia la scienza che l'arte condividono anche elementi di un comune senso estetico. ... In ultima analisi, il terreno comune è una lotta condivisa, complementare per comprendere ciò che è dentro e intorno a noi.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare Vincenzo Balzani del Dipartimento di Chimica “G. Ciamician” dell’Università di Bologna (Italia), e George B. Kauffman, del Dipartimento di Chimica, California State University, Fresno, CA, per i consigli e i suggerimenti che mi hanno dato per il miglioramento delle domande per questa intervista e per l’assistenza durante l’intervista.

Bibliografia

- [1] Hoffmann, R. *The Metamict State*. University of Central Florida Press: Orlando, FL, 1987.
- [2] Hoffmann, R. *Gaps and Verges*. University of Central Florida Press: Orlando, FL, 1990.
- [3] Hoffmann, R. *Memory Effects*. Calhoun Press, Columbia College Chicago: Chicago, IL, 1999.
- [4] Hoffmann, R. *Soliton*. Truman State University Press: Kirksville, MO, 2002.
- [5] Hoffmann, R. *The Same and Not the Same*. Columbia University Press: New York, 1995.
- [6] Hoffmann R.; Leibowitz Schmidt, S. *Old Wine, New Flasks: Reflections on Science and Jewish Tradition*. Freeman: New York, 1997.
- [7] Kauffman, G. B.; Kauffman, L. M. *J. Chem. Educ.*, 1998, 75 (9), 1097–1098.
- [8] Djerassi, C.; Hoffmann, R. *Oxygen*. Wiley-VCH: Weinheim, 2001.
- [9] Djerassi, C.; Hoffmann, R. *J. Chem. Educ.*, 2001, 78 (3), 283–284.
- [10] Hoffmann, R. *Should've*. Online at: <http://www.roaldhoffmann.com/sites/all/files/Should've%209%20with%20cover%20page.pdf> (accessed Febr. 2017).
- [11] Hoffmann, R. *The World of Chemistry*. University of Maryland and the Educational Film Center: Annandale, VA, 1990.
- [12] Shulman, L. S. *Change*, 1999, 31, 10–17.
- [13] Balakrishnarajan, M. M.; Kroll, P.; Bucknum, M. J.; Hoffmann, R. *New J. Chem.*, 2004, 28, 185–190.
- [14] Frederickson, D. C.; Lee, S.; Hoffmann, R. *Inorg. Chem.*, 2004, 43 (20), 6151–6158.
- [15] Huntley, D.; Markopoulos, G.; Donovan, P. M.; Scott, L. T.; Hoffmann, R. *Angew. Chem.*, 2005, 117, 7721–7725; *Angew. Chem. Intl. Ed.*, 2005, 44 (46), 7549–7553.
- [16] Woodward R. B.; Hoffmann, R. *The Conservation of Orbital Symmetry*. Verlag Chemie and Academic Press: Weinheim and New York, 1970.
- [17] Schrödinger, E. In *The Invented Reality: How Do We Know What We Believe We Know?*. Watzlawick P., Ed.; Norton and Co. Inc.: New York, 1984; p. 7.

- [18] Hoffmann, R. *HYLE*, 2003, 9, 7–10.
- [19] Browne, M. W. *The New York Times*, July 6, 1993, C1.
- [20] Hoffmann, R. *Am. Sci.*, 1988, 76, 182.
- [21] Hoffmann, R.; Minkin, V. I.; Carpenter, B. K. *HYLE* 1997, 3, 3–28.
- [22] Hoffmann, R. *The Scientist*, March 21, 1988; p 10.

Tradotto dal *Journal of Chemical Education*, Vol. 84, No. 10, 2007, pp. 1631-1635;
copyright ©2007, Division of Chemical Education, Inc.

Federchimica per la scuola

a cura di Luigi Campanella
luigi.campanella@uniroma1.it



Il Progetto europeo Life+InReach

Favorire lo scambio di informazioni sulle importazioni di prodotti chimici provenienti da aree extra europee per garantire più tutela per i cittadini e per l'ambiente, nonché la definizione di regole chiare per gli operatori. Con questa motivazione il Ministero della Salute ha siglato un accordo per l'utilizzo dei risultati ottenuti dai Partner del Progetto europeo Life+InReach, (Ticass, Centro Reach, Istituto Mario Negri e Federchimica) coinvolti dal 2014 nella realizzazione di una piattaforma internet a supporto delle importazioni di prodotti chimici da Paesi extra europei (ad esempio Cina, India, Corea).

Se infatti le importazioni di prodotti chimici tra importatori e produttori europei vengono gestite dal Regolamento REACH per la registrazione e la valutazione delle sostanze e dal Regolamento CLP - che riguarda la classificazione, l'etichettatura e il loro corretto confezionamento - le informazioni fornite da Paesi extra europei non sono regolate da un dettato specifico.

Il Progetto Life+InReach, fortemente voluto dalla Commissione Europea, è stato ideato proprio per colmare questa mancanza di informazioni, spesso causa di scarsa chiarezza sull'origine delle sostanze chimiche, con mancanza di adeguato controllo su sostanze importate o, per contro, blocchi doganali protratti nel tempo in attesa di informazioni difficili da reperire.

Il Ministero dell'Ambiente e il Ministero della Salute sono tra i soggetti coinvolti dal progetto *InReach*: in particolare, il Dicastero della Salute ha riconosciuto nel Progetto un'ottima opportunità, non solo per supportare l'attuazione del regolamento REACH, ma anche per rendere più immediata la circolazione di informazioni in Italia anche nell'ottica di una possibile futura integrazione della piattaforma con lo "Sportello Unico doganale", per garantire una stretta sinergia con l'Agenzia delle Dogane. L'obiettivo è migliorare la protezione della salute e dell'ambiente, mantenendo la competitività delle imprese.

Il Ministero ha dunque manifestato la volontà di implementare il Progetto *InReach* partendo dai dati attualmente elaborati dai partner coinvolti per creare una solida piattaforma nazionale con l'obiettivo di renderla disponibile alle Autorità Europee preposte al regolamento REACH e CLP. I risultati definitivi del Progetto *InReach* saranno disponibili entro sei mesi. A partire da questo periodo il Ministero sarà pronto per avviare l'implementazione del Progetto.

XVII CONVEGNO DI STORIA E FONDAMENTI DELLA CHIMICA

**Roma, 10-12 Ottobre 2017
Prima Circolare**

Il XVII Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica, organizzato dal Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC) e dall'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, si terrà a Roma dal 10 al 12 Ottobre 2017. I lavori si svolgeranno presso la Biblioteca dell'Accademia, nelle Scuderie Vecchie del complesso di Villa Torlonia (Via Spallanzani 1/a).

La Società Chimica Italiana e la Società Italiana per la Storia della Scienza hanno concesso il loro patrocinio.

Il Convegno comprenderà conferenze a invito, comunicazioni orali ed eventualmente comunicazioni poster inerenti gli argomenti che rientrano tradizionalmente nei campi d'interesse del GNFSC (www.gnpsc.it). Come in passato, il programma del Convegno sarà strutturato in maniera tale da mettere in risalto anniversari di particolare rilievo per la chimica e discipline collegate. Di conseguenza, poiché nel 2017 si ricorda il 150° anniversario della nascita di Maria Skłodowska Curie (Varsavia, 1867 – Passy, 1934), è prevista un'apposita sessione a Lei dedicata ed estesa alle applicazioni della radioattività.

A breve sarà attivo un sito web all'indirizzo:

<https://eventi.unibo.it/storiachimica2017>

Sul sito compariranno tutte le informazioni necessarie per la partecipazione al Convegno, che verranno progressivamente aggiornate.

Coloro che intendono presentare una comunicazione orale o poster dovranno far pervenire titolo e riassunto entro e non oltre il 20 Maggio 2017 all'indirizzo e-mail dello scrivente (marco.taddia@unibo.it) e, in copia, a segreteriaorganizzativa@accademiaxl.it, come da modello che troveranno sul sito. I riassunti che perverranno entro il termine fissato saranno valutati dal Comitato Scientifico che stabilirà anche la forma di presentazione dei lavori. Si comunica fin da ora che, per necessità editoriali, i testi completi delle comunicazioni accettate e presentate al Convegno dovranno essere consegnati dagli Autori entro e non oltre il 10 dicembre 2017. Ai fini della pubblicazione negli Atti saranno sottoposti alla valutazione di referee.

La quota di partecipazione sarà di 160 euro, ridotta a 100 euro per i soci del GNFSC in regola con i rinnovi biennali 2017-2018 al 30 Giugno 2017. Il personale universitario non strutturato, gli insegnanti di scuola secondaria e i

pensionati pagheranno 80 euro, ridotti a 40 per coloro che risulteranno iscritti al Gruppo. I soci SCI, non iscritti al GNFSC, pagheranno 120 Euro. Il versamento della quota piena (160 o 120 euro) dà diritto all'iscrizione al GNFSC per il biennio 2017-18. La quota ridotta per coloro che non sono iscritti al Gruppo non comprende il volume degli Atti. Le modalità di pagamento e il modulo d'iscrizione saranno presto sul sito, insieme alle indicazioni per il pernottamento a Roma cui dovranno provvedere direttamente gli interessati. Il versamento della quota deve essere effettuato entro il 10 Luglio 2017.

Durante i lavori del Convegno si terrà l'assemblea dei Soci del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica.

Per ulteriori informazioni rivolgersi a:
segreteriaorganizzativa@accademiaxl.it

Il Presidente del GNFSC
Prof. Marco Taddia

Bologna, 17 Marzo 2017

La Voce della Divisione di Didattica

Con questo numero della rivista inizia una nuova Rubrica chiamata “La Voce della DDSCI” (simboleggiata dalla figura della Società Chimica Italiana (DDSCI)).



La SCI da sempre è attenta ai problemi della didattica sia perché ad essi si collegano quelli altrettanto importanti di una cultura chimica del nostro Paese sia perché la sperimentazione didattica necessita di sedi di confronto e discussione. Il nostro giornale *La Chimica nella Scuola* cerca di contribuire al meglio a queste attività e per farlo non può che legarsi alla Divisione di Didattica, istituzionalmente ad esse preposta nella nostra Società.

È da tempo che si auspica sia da parte del Comitato di Redazione di CnS che da parte della Divisione di Didattica una più stretta collaborazione tra queste due “realità” della SCI che si occupano di didattica. Il CdR della rivista, riunitosi con l’attuale Direttivo della Divisione, ha deciso di attivare questa nuova Rubrica.

In questo primo numero si illustrano, in particolare, i resoconti dei Gruppi di lavoro della Scuole “U. Segre” 2016.

Luigi Campanella
Direttore di CnS

Giovanni Villani
Presidente della DDSCI

Scuola di Ricerca Educativa e Didattica della Chimica Ulderico Segre
VIII edizione
Settembre 2016 – San Miniato

La Scuola “Ulderigo Segre” 2016

La Scuola di didattica “Ulderico Segre” si configura ormai come una tradizione nell’ambito delle proposte formative della Divisione di Didattica Chimica della Società Chimica Italiana. Qui, ne vogliamo ricordare gli scopi generali:

- Stimolare interesse verso la ricerca educativa come strumento per la risoluzione dei problemi di apprendimento.
- Sensibilizzare i docenti, attuali e futuri, alle problematiche relative al processo di insegnamento/apprendimento della Chimica nella scuola e nell’università.
- Proporre strategie didattiche che favoriscano il coinvolgimento attivo degli allievi.

La VIII edizione della Scuola si è svolta a San Miniato (Pi) dal 11 al 14 Settembre 2016 presso l’Istituto Tecnico “Cattaneo”, in concomitanza con una Scuola di formazione/aggiornamento rivolta specificamente agli insegnanti della Scuola Secondaria di II grado.

La totalità degli iscritti a queste due Scuole è stata divisa in 5 gruppi ognuno di 7/8 discenti e due coordinatori. I coordinatori dei Gruppi sono stati: 1) Eleonora Aquilini – Antonio Testoni; 2) Marilena Carnasciali – Sergio Zappoli; 3) Anna Caronia – Antonio Floriano; 4) Marco Ghirardi – Alberto Regis; 5) Silvana Saiello – Giovanni Villani.

Ogni gruppo ha lavorato su un argomento specifico nell’ambito delle “Trasformazioni della Materia”. Da un punto di vista metodologico, questo ha comportato la riflessione e l’elaborazione, in maniera autonoma, delle problematiche relative agli specifici argomenti trattati per poi proseguire insieme a tutti gli altri membri del gruppo. In un momento successivo, i lavori prodotti dai singoli gruppi sono stati presentati alla platea composta da tutti gli iscritti alle due Scuole tramite una presentazione in Power Point.

Gruppo 1 - un percorso di apprendimento “Acidi, basi e sali”

Coordinatori: Proff. Eleonora Aquilini, Antonio Testoni

Componenti del gruppo:

Tiziana Di Silvestre, Maria Gabriella Faggioni, Alessia Graziano,
Santina Labate, Elisabetta Mochi, Gabriella Salerno,
Antonella Silvestri, Antonella Sgaramella

La parte che è stata maggiormente sviluppata è stata quella relativa agli acidi, in quanto ritenuta la più significativa. A tal proposito, riportiamo alcune riflessioni che i conduttori hanno proposto al gruppo e sulle quali si è aperta la discussione.

Il concetto di acido, come la maggior parte dei concetti scientifici, si è sviluppato nel corso degli ultimi secoli, attingendo significati sempre più generali. Indubbiamente le definizioni di Brønsted o di Lewis hanno un carattere maggiormente esplicativo ed un riferimento più ampio delle precedenti concettualizzazioni di Lavoisier o di Arrhenius. Tuttavia, ciascuna definizione è significativa non di per sé, ma rispetto alla teoria cui si riferisce, e, in determinati contesti teorici e sperimentali, i concetti di Lavoisier o di Arrhenius continuano a essere pertinenti. È la teoria di riferimento che dà significato alle definizioni. In una situazione di primo approccio alle problematiche chimiche, dove gli studenti non possiedono ancora neppure i concetti fondamentali di tipo macroscopico della chimica, nessuna delle precedenti quattro definizioni può avere significato. Lo studente si trova, in un certo senso, nella stessa situazione in cui si trovavano i chimici prima di Lavoisier. E che cos'erano gli acidi per loro? Delle prodigiose sostanze, mescolate sempre con l'acqua, che erano in grado di portare in soluzione molte sostanze solide insolubili in acqua. Il primo concetto di acido non può, quindi, essere costruito che partendo da qui, in uno stretto rapporto di continuità con il concetto spontaneo. Tuttavia all'interno di questa continuità vi deve essere anche discontinuità. Mentre il concetto spontaneo si limita a cogliere il comportamento dissolvente degli acidi, la prima concettualizzazione scientifica deve anche evidenziare la modalità profondamente diversa rispetto all'acqua, al di là dell'apparenza, con cui gli acidi sciolgono. Lo studente inizia così, con esempi particolarmente accessibili, a familiarizzarsi con il cuore della chimica, con il concetto di trasformazione chimica.

Tali considerazioni sono state condivise da tutti i componenti del gruppo e, dopo un primo e intenso momento di confronto, si è convenuto di articolare il percorso secondo questa successione :

4. partire dal concetto spontaneo di acido associato all'aggressività;
5. capire “come” gli acidi agiscono quando riescono a “solubilizzare” molte sostanze insolubili in acqua;

6. definire operativamente una sostanza acida;
7. introdurre il concetto di reazione chimica;
8. considerare la diversa aggressività degli acidi;
9. legare al concetto di acido quello di sostanza basica in base all'aggressività;
10. capire se gli acidi e le sostanze basiche costituiscono un'unica classe di sostanze;
11. definire operativamente un sale;
12. ampliare la definizione operativa di acido/base introducendo gli indicatori.

La discussione in assemblea plenaria ha permesso, poi, di precisare alcuni punti che nell'esposizione finale non erano stati sufficientemente chiariti, come, ad esempio, il concetto di trasformazione chimica. Significativo è stato, infine, il desiderio espresso da parte di tutti i docenti del gruppo di poter ripetere una simile esperienza.

Gruppo 2 – “Natura della materia e passaggi di stato”

Coordinatori: Marilena Carnasciali, Sergio Zappoli

Componenti del gruppo:

Viviana Bean, Claudio De Luca, Paola Di Cerbo,
Giuseppina Miserendino, Simonetta Rossi, Fabiana Tescione

L'attività del Gruppo 2 è stata impostata secondo la seguente scansione:

Prima fase: acquisire una conoscenza di base del quadro di riferimento, largamente condiviso a livello internazionale, degli aspetti epistemologici, pedagogici e didattici dell'insegnamento della chimica.

Seconda fase: analisi delle più diffuse misconcezioni relative al tema in oggetto.

Terza fase: individuazione di approcci didattici che, sulla scorta di quanto appreso nelle fasi precedenti e della personale esperienza didattica, puntassero a superare alcune delle misconcezioni più frequenti.

Per ottimizzare i tempi, agli allievi è stata fornita prima dell'inizio della scuola il materiale bibliografico necessario¹, raccomandandone la lettura, sul quale si è poi sviluppata tutta l'attività, svolta prevalentemente in modalità cooperativa, con due gruppi “casa” di tre persone.

Il lavoro iniziale è stato quindi dedicato alla riflessione su quanto emerso dal materiale letto che è stato messo in relazione alla propria pratica didattica. Con particolare riguardo all'insegnamento della chimica generale nel primo biennio della scuola secondaria superiore, sono stati individuati i seguenti punti di rilevanza:

1.L'esistenza di una struttura gerarchica della chimica (livello macroscopico, submicroscopico ed elettronico), seguendo la quale si potrebbe organizzare la scansione degli argomenti dei propri corsi. Dall'analisi di alcune parti tratte da libri di testo adottati nelle scuole, è emerso che spesso anche a livello didattico si passa indifferentemente da un livello a un altro, trascurando il fatto che ciò può risultare incomprensibile a una larga parte della classe.

2.Il livello cognitivo degli allievi non è uniforme. In particolare, a livello del biennio, molti allievi possono non avere raggiunto la capacità di ragionare agevolmente a livello astratto ma solo a quello operativo. Questo aspetto riveste un'importanza cruciale, per il tipo di argomenti che la chimica tratta e che impongono di aumentare la quota di apprendimento prodotta attraverso esperienze concrete.

3. L'importanza di (ri)conoscere le più comuni concezioni alternative in modo da organizzare al meglio il proprio insegnamento per cercare di evitarle o rimuoverle.

Le due concezioni alternative attorno alle quali si è deciso di delineare un'ipotesi di intervento didattico sono state: a) la massa non si conserva durante i passaggi di stato; b) nel passaggio dallo stato liquido a quello vapore, l'acqua si decompone in idrogeno e ossigeno gassosi.

Si sono quindi ipotizzate alcune semplici esperienze di laboratorio allo scopo di: i) introdurre agli alunni l'argomento dei passaggi di stato; ii) portare gli allievi a riconoscere la fallacia della misconcezioni, confutandola sperimentalmente o mediante il ragionamento autonomo.

1. J.D. Herron, Piaget for chemists, *J.Chem.Ed.* 52 (1975) 146. A. Johnstone, The development of chemistry teaching, *J.Chem.Ed.* 70 (1993) 701. W.B. Jensen. Logic, History, and the Chemistry Textbook. I, II, III, *J.Chem.Ed.* 75 (1998). E. Roletto. "Il modello di apprendimento in Italia", in *La scuola dell'apprendimento - Didattiche disciplinari, modelli e applicazioni operative*", Erickson, 2005, p. 86. E. Roletto, A. Regis, M. Ghilardi, La struttura gerarchica della chimica di base, *CNS*, (2006) 77. E. Roletto, A. Regis, M. Ghilardi, Trasformazioni Fisiche e Chimiche/2, *Didattica delle Scienze*, 260 (2009) 39. E. Roletto, A. Regis, La riflessione epistemologica, *Naturalmente*, 24 (2011) 88. A. Borsese, Parrachino. La spiegazione scientifica a scuola, *Orientamenti pedagogici*, 59 (2012) 253.

Gruppo 3 - La solubilità

Coordinatori: Proff. Anna Caronia, Michele A. Floriano

Componenti del gruppo:

Laura Capella, Luana De Lorenzo, Elisa Luchetti,
Cristiana Mezzabotta, Serena Randazzo, Luca Vignali

Questo gruppo si è dato come obiettivo la formulazione di un percorso didattico, della durata di 5 ore, sulla solubilità. Il percorso è stato inserito nel contesto di un modulo più ampio dal titolo "Miscele di sostanze". A questo scopo, è stata individuata la sequenza logica e gerarchica dei concetti da trattare, specificando esplicitamente i requisiti necessari. La riflessione e la discussione comune è stata alternata a momenti di lavoro individuale con l'ausilio di schede di lavoro predisposte dai coordinatori. Per quanto riguarda il tema specifico della solubilità erano stati messi a disposizione tre articoli¹⁻³ relativi a studi di ricerca didattica svolti non solo fra studenti ma anche tra futuri docenti di chimica.

Dai lavori di letteratura e dalle discussioni in gruppo è subito emerso in maniera evidente che la maggiore difficoltà concettuale, che rappresenta una seria difficoltà di apprendimento, riguarda la corretta comprensione di cosa sia una soluzione satura e, di conseguenza il fatto che una data quantità di solvente possa solubilizzare non più di una determinata quantità di un certo soluto. Di conseguenza è stato riconosciuto che il maggiore sforzo nel trattare la solubilità va indirizzato in questa direzione, dapprima con un approccio sperimentale/dimostrativo e quindi anche avvalendosi di idonei modelli interpretativi. Incidentalmente, va sottolineato che esiste anche un ostacolo di tipo semantico visto che il termine "solubilità" viene utilizzato, quasi indifferentemente, sia per esprimere la "capacità a solubilizarsi" sia, più correttamente, per esprimere una proprietà intrinseca della materia e cioè "la massima quantità di soluto che può solubilizzarsi in una data quantità di un certo solvente".

Per quanto riguarda la parte sperimentale sono stati suggeriti alcuni efficaci esperimenti con l'obiettivo di dimostrare che la concentrazione di una soluzione satura è indipendente dalla quantità di soluto in disciolto (corpo di fondo) consentendo in questo modo di pervenire alla definizione di solubilità evitando di enunciarla a priori. In merito allo sviluppo di idonei modelli interpretativi, si è ribadita l'efficacia di modelli basati sulla natura particellare della materia e riconoscendo che il meccanismo del processo di solubilizzazione è regolato dalle interazioni tra particelle di soluto (A-A), tra quelle di solvente (B-B) e tra quelle di soluto e di solvente (A-B).

Infine, il gruppo ha anche affrontato il tema riguardante la formulazione di idonei quesiti da utilizzare in un test di valutazione.

Il test viene somministrato in maniera identica all'inizio e alla fine del percorso con lo scopo di identificare le conoscenze pregresse possedute dagli studenti prima e l'efficacia del percorso didattico dopo.

1. Stephen Krause and Amaneh Tasooji "Diagnosing Students' Misconceptions on Solubility and Saturation for Understanding of Phase Diagrams" - AC 2007-413: American Society for Engineering Education, 2007.

2. Abuzer AKGÜN "The Relation between Science Student Teachers' Misconceptions about Solution, Dissolution, Diffusion and their Attitudes toward Science with their Achievement" - Education and Science 2009, Vol. 34 No 154, pg. 26-36.

3. Iztok Devetak & Janez Vogrinc & Saša Aleksij Glažar "Assessing 16-Year-Old Students' Understanding of Aqueous Solution at Submicroscopic Level" Res Sci Educ DOI 10.1007/s11165-007-9077-2 - Springer Science + Business Media B.V. 2007.

Gruppo 4 - Reazioni redox: un percorso di apprendimento

Coordinatori: Proff. Marco Ghirardi, Alberto Regis

Componenti del gruppo:

Carlo Corridori, Stefania Della Sciuca, Luca Monti, Elena Ninotti,
Patrizia Rocca, Elisa Tamburello, Valeria Valente.

I fenomeni redox sono normalmente interpretati sulla base di tre distinti modelli empirici, che fanno riferimento al trasferimento di atomi di ossigeno, di atomi di idrogeno, di elettroni; e di un quarto modello, formale, fondato sul cambiamento del numero di ossidazione. La confusione tra questi modelli può generare considerevoli problemi di apprendimento che possono risultare amplificati da prassi didattiche inadeguate per il superamento di svariati ostacoli concettuali. Gli errori più ricorrenti nel presentare l'argomento sono di due tipi: - fare implicitamente riferimento a modelli esplicativi distinti (es. il numero di ossidazione e il trasferimento elettronico), senza esplicitarli e senza evidenziarne la differente natura e il campo di validità; - confondere il livello della spiegazione formale con quello della realtà fisica.

Per fare in modo che questi risultati della ricerca didattica fossero a conoscenza di tutto il gruppo, i coordinatori hanno provveduto a fornire a tutti i componenti un articolo¹ che riporta un'analisi critica delle implicazioni concettuali della didattica dei processi redox e due articoli^{1,2} che affrontano il problema della trasposizione didattica. Questo ha reso possibile a tutto il gruppo l'analisi dei modelli redox e del loro campo di validità in relazione con l'evoluzione storica del concetto di ossidoriduzione.

Il gruppo si è dato il compito di progettare un percorso di apprendimento rivolto agli studenti di qualsiasi corso di base di chimica per favorire la comprensione dei concetti riguardanti le reazioni redox. Ovviamente, il tempo a disposizione è stato sufficiente alla costruzione di un'attività didattica mirata a distinguere il modello riferito al numero di ossidazione da quello riferito al trasferimento elettronico.

I coordinatori hanno presentato un embrione di sequenza didattica che ha funzionato da germe su cui il gruppo ha lavorato per giungere alla costruzione di una attività di apprendimento strutturata in una sequenza di tre fogli di lavoro (FOL). La progettazione delle situazioni problema presenti in ogni FOL ha introdotto un acceso, proficuo e formativo confronto fra tutti gli insegnanti del gruppo, coordinatori inclusi. Si sono evidenziate criticità, ipotizzate soluzioni alternative e interventi di supporto; ogni parola scritta, ogni schema di reazione sono stati passati al vaglio. Ciascun docente, potendo contare sulla propria esperienza di insegnamento, ha collaborato

alla costruzione di un percorso di apprendimento nel quale gli studenti sono protagonisti attivi di un gruppo classe in cui la cooperazione favorisce la comprensione personale. In questo modo, la definizione dei due modelli e il loro campo di validità non sono presentati come il punto di partenza di una lezione di tipo trasmissivo, ma dovrebbero essere l'esito di un processo di comprensione che eviti la confusione tra due distinte interpretazioni dei fatti. I componenti di questo gruppo hanno espresso soddisfazione per come sono pervenuti al risultato del loro lavoro. Hanno evidenziato l'utilità dell'intenso scambio di opinioni fra colleghi che ha permesso di condividere le riflessioni maturate nel corso degli anni, aspetto particolarmente rilevante per chi insegna in istituti di piccole dimensioni. In particolare, la riflessione sui diversi modelli interpretativi delle reazioni redox ha evidenziato la necessità di approfondire gli aspetti storico epistemologici della chimica per favorire la comprensione dei concetti e rendere più efficace l'insegnamento. Minore apprezzamento è andato alla fase di interazione tra i vari gruppi che ha concluso questa edizione della Scuola Segre. Il poco tempo a disposizione ha reso questa fase più un'occasione di critica poco efficace che un momento di riflessione veramente costruttiva.

1. Ghibaudi E., Regis A., Roletto E., Le reazioni redox: un pasticcio concettuale?, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pisc.2015.05.001>, *Perspectives in Science* (2015) 5, 14-24.

2. Ghibaudi E., Regis A., Roletto E., Didattica della chimica e trasposizione didattica Parte prima – I fondamenti teorici di una prassi, doi:10.1016/j.pisc.2016.03.010, *Perspectives in Science*, In Press, Corrected Proof, Available online 1 April 2016.

3. Ghibaudi E., Regis A., Roletto E., Didattica della chimica e trasposizione didattica Parte seconda – Un approccio didattico alla costruzione del concetto di trasformazione chimica doi:10.1016/j.pisc.2016.04.105, *Perspectives in Science*, In Press, Accepted Manuscript, Available online 7 June 2016.

Gruppo 5: Trasformazioni fisiche e trasformazioni chimiche

Coordinatori: Silvana Saiello e Giovanni Villani

Componenti del gruppo:

Raffaella Biavasco, Valentina Fochi, Rosita Gallo,
Cecilia Giordano, Patrick Marcantelli, Sergio Stoccoro

Scopo di questo gruppo è stato quello di occuparsi degli aspetti più generali del concetto di trasformazione e dei problemi che pone l'analisi delle somiglianze e delle differenze tra quelle che comunemente vengono chiamate "trasformazioni fisiche" e "trasformazioni chimiche".

All'inizio della Scuola sono state sottolineate alcune criticità:

- a. In genere, l'argomento viene affrontato molto presto all'inizio del corso quando ancora non si padroneggiano concetti complessi e astratti come quelli di aggregazione, composizione, sostanza, molecola, ecc.;
- b. Vi è spesso confusione tra il piano macroscopico e quello microscopico.
- c. La reversibilità del processo è considerata come discriminante tra queste due trasformazioni, ma ciò non è sempre vero.
- d. Gli esempi scelti per differenziare queste trasformazioni sono spesso complessi (combustione, cottura dei cibi, ecc.).
- e. Esistono degli "indicatori" per le trasformazioni chimiche (cambio di colore, sviluppo di gas), ma non sono univoci.
- f. Nei libri di testo spesso si leggono frasi come "la natura chimica delle sostanze", che non si è in grado di definire nel contesto scolastico e che, a volte, creano dei veri e propri circoli viziosi, avviando all'idea che la Chimica non possa essere compresa.

Dietro a queste criticità c'è anche una criticità più generale: La Chimica e la Fisica hanno approcci epistemologici differenti. Viene dato per scontato che sia i docenti sia gli studenti abbiano chiara la distinzione tra queste due discipline e questo non è sempre vero per i docenti e non lo è mai per gli studenti.

Delle analisi svolte da questo gruppo possiamo sottolineare che:

1. La presenza di due discipline e due approcci epistemologici diversi dietro ai concetti di "trasformazione fisica" e "trasformazione chimica" non può essere esplicitata agli studenti, ma pone problemi didattici evidenti.
2. C'è una necessità di mettere in evidenza che una trasformazione è un processo che coinvolge soggetti che possono esistere in diversi livelli di complessità e avere dimensioni diverse. Mescolare questi soggetti è didatticamente sbagliato.
3. Esistono almeno tre scale (dimensione, energia, tempo) che possono model-

lizzare un processo reattivo e queste tre scale sono necessariamente interconnesse. Le modellizzazioni così introdotte possono chiarire se e quando è possibile separare in categorie le trasformazioni della materia.

Nel corso della discussione ci siamo interrogati sullo statuto della classificazione delle trasformazioni della materia come fisiche o chimiche: si tratta di una suddivisione effettivamente propria dei fenomeni stessi, o è un espediente didattico? E in questo secondo caso, possiamo considerarlo un espediente didattico efficace all'interno del processo di insegnamento/apprendimento?

Per quanto riguarda la prima opzione, è emerso il fatto che, soprattutto situandosi al livello di concettualizzazione submicroscopico, la distinzione tra i due tipi di trasformazioni si fa inevitabilmente labile: a tale livello infatti emergono svariate situazioni limite/borderline.

Riguardo ai “segnali” per individuare le trasformazioni, vi sono trasformazioni generalmente classificate come “chimiche” che non avvengono con segnali macroscopici evidenti, mentre altre trasformazioni, normalmente classificate come “fisiche”, di fatto mostrano segnali macroscopici.

Abbiamo concluso che ciò che è davvero importante è fare nascere negli allievi stessi l'esigenza di classificare, fare ordine, definire, e tale obiettivo potrebbe essere raggiunto ponendo i ragazzi di fronte a fenomeni apparentemente diversi tra loro. La classificazione dovrebbe, quindi, scaturire dalle loro proposte, e attraverso la discussione collettiva, opportunamente guidata dall'insegnante, sfociare in un parametro condiviso.

Potrebbe essere interessante, infine, operare un certo tipo di classificazione a un dato livello (ad esempio macroscopico o atomico/molecolare) per poi metterla in crisi a un livello di concettualizzazione successivo. In questo modo verrebbero integrati all'interno dell'insegnamento della disciplina alcuni assunti epistemologici di base sullo statuto dei modelli scientifici e sulla loro validità.

Principali attività della Divisione di Didattica della Chimica per il 2017

La Scuola Segre 2017.

Si terrà a Torino intorno alla metà di luglio e sarà rivolta come sempre sia agli universitari sia agli insegnanti. Quest'anno vedrà la presenza del Prof. Eric Scerri (editor della rivista *Foundations of Chemistry*). Sarà, quindi, un momento importante, e per tanti aspetti difficilmente ripetibile, di confronto sui temi storico/epistemologici di cui si occupa Scerri. Per gli insegnanti la partecipazione darà diritto a 20 ore di aggiornamento.

SPAIS.

Si svolgerà, come sempre, nell'ultima settimana di luglio in Sicilia e darà diritto a 30 ore di aggiornamento.

Il Congresso 2017 della Divisione.

Si svolgerà a Paestum (Sa) dal 10-15 settembre in concomitanza con il XXVI Congresso della SCI e darà diritto a 20 ore di aggiornamento.

Un corso di aggiornamento a San Miniato.

Visto il successo della Scuola Segre 2016 a San Miniato, l'ITI "Cattaneo" e le associazioni del posto ci hanno chiesto di tenere lì un corso di aggiornamento per gli insegnanti anche nel 2017. Ci sarà, quindi, un corso di aggiornamento con le modalità di lavoro di quello del 2016 e cioè esclusivamente con lavori di gruppo. Per il periodo ancora non si è deciso (quello del 2016 è coperto dal Congresso 2017). Al momento si sta pensando a fine agosto o fine settembre. Il corso darà diritto a 20 ore di aggiornamento.

Per tutte queste iniziative è importante cominciare a valutare il numero di soci DDSCI interessati. Vi chiedo, quindi, di segnalarmi fin da ora (ovviamente senza che l'impegno sia definitivo) a quali iniziative potreste essere interessati. Per il corso di aggiornamento a San Miniato indicate anche quale delle due date sarebbe per voi la migliore.

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

Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su

www.aracneeditrice.it

Finito di stampare nel mese di maggio del 2017
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»
00134 Roma – via di Torre Sant'Anastasia, 61
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)