



Società Chimica Italiana

## La Chimica nella Scuola





## Indice

- 3 Editoriale  
*Luigi Campanella*
- 5 Dalla Copertina  
*Luigi Campanella, Pasquale Fetto*
- 9 Avogadro non ha mai scritto H<sub>2</sub>O né altre formule chimiche!  
*Giuliano Moretti, Marco Ciardi*
- 21 Chimica alla scuola primaria  
*Maria Luisa Testa, Francesca Deganello, Maria Laura Tummino*
- 33 Approfondimento di alcuni concetti di elettrochimica e termodinamica nella SMS ad indirizzo chimico  
*Roberto Soldà*
- 44 Intervista a Richard T. White  
*Liberato Cardellini*
- 63 Le dodici pietre: il crisolito  
*Pasquale Fetto*
- 78 Federchimica per la scuola  
*Luigi Campanella*

European Youth Debating Competition

Federchimica premia i migliori racconti e interviste su chimica e cibo

I vincitori del concorso Federchimica Giovani, Speciale EXPO 2015



### La chimica e gli indicatori economici

In una fase come questa in cui processi complessi richiedono la individuazione di parametri indicatori capaci di segnalare le linee di tendenza, proprio la chimica è considerata, attualmente, uno degli indicatori più credibili sullo stato dell'economia di un paese, nel senso che si è dimostrato che negli ultimi duecento anni, la vitalità di questo settore è stata proporzionale allo stato di benessere dell'economia del paese a cui si riferisce.

Ciò vuol dire, sostanzialmente che lo sviluppo delle attività chimiche sono un indizio di quello che realmente è lo stato di salute di una economia nazionale.

La seconda considerazione che vorrei fare è che purtroppo quando si affrontano i problemi storici disciplinari la tendenza è di vederli sempre disinseriti da quella che è la realtà scientifica attuale, moderna.

Quindi abbiamo una sorta di discrasia fra un approccio storico visto in chiave solamente culturale ed un approccio moderno riferito alle applicazioni ed alle ricadute economiche ed industriali. Cioè, si fa difficoltà a considerare le due facce del problema, - diciamo quella storica e quella attuale, - come due facce di una stessa medaglia, in qualche misura sempre correlabili e comunque sia sempre correlate, attraverso un'analisi che voglia essere allo stesso tempo critica e approfondita.

Rispetto a questo atteggiamento, è necessario segnare una inversione di tendenza: è vero che la chimica è l'indicatore economico attendibile, ma questo non la può rendere disgiunta da un'analisi storica di quello che è stato lo sviluppo del pensiero chimico e soprattutto di quelle che sono state le linee di tendenza che - progressivamente nel tempo - si sono affermate all'interno della ricerca e delle attività chimiche.

Tutti ricorderanno, penso, certamente il passaggio dalla fase culturale alla fase produttivistica della ricerca, anni sessanta e settanta, in cui sostanzialmente si transitò da un eccesso ad un altro, per cui aveva valore assoluto ciò che poteva essere trasformato in prodotto

economico e in vantaggio economico, oppure quello che poteva essere correlato ad un tema sociale.

Ovviamente queste due posizioni, assunte ciascuna di per sé, sono entrambe sbagliate perché è evidente che si tratta di realizzare un equilibrio fra di esse. Ma queste hanno pesato moltissimo su quelli che sono stati gli sviluppi della chimica soprattutto su quelle che sono state poi le tematiche dei primi progetti nazionali che si è tentato di realizzare intorno a questa disciplina.

Il problema è quello di cercare, attraverso uno sforzo analitico, di correlare quelle che sono state le scelte dettate da contingenze storiche, che però si rinnovano continuamente, e che non possono essere applicate aprioristicamente e asetticamente, con il contesto sociale in cui si sono collocate e si collocano tuttora. È necessario quindi collegare questo sviluppo storico, dinamico, del pensiero chimico, con quella che è la situazione attuale, con quella che è l'esigenza che deriva da problematiche attuali connesse agli aspetti economici e sociali.

Tutto ciò significa che quando si pensa alla chimica la riflessione storica e quella scientifica non possono essere disgiunte con il fine primario che l'analisi storica del pensiero chimico e la prospettiva di razionalizzazione di questa analisi storica si inseriscano utilmente ed organicamente nelle analisi che riguardano la chimica moderna, i problemi e i programmi di carattere economico-scientifico e il ruolo della chimica nel rapporto con le altre scienze.

La chimica credo possa essere considerata la disciplina con maggiori contatti con le altre scienze. Il mondo materiale definito dalla chimica si colloca praticamente come un giusto momento di intersezione tra il mondo biologico e il mondo fisico. Il rapporto della chimica con le altre discipline è dunque uno degli elementi che storicamente hanno più inciso nello sviluppo del pensiero e che attualmente sicuramente è alla base dello sviluppo di numerosi programmi e soprattutto di campi nuovi che si aprono nella chimica.

La chimica, rispetto ad altre discipline, ha il vantaggio di essere in una condizione particolarmente favorevole per la sua vicinanza a molti dei temi che affliggono la società attuali. Se però essa non sa cogliere la situazione favorevole è più colpevole. Quindi l'analisi della storia e dello sviluppo del pensiero chimica non deve mai scollegarsi dallo sviluppo scientifico moderno nel suo complesso e quindi dai rapporti con le altre discipline.

## Dalla copertina

A love of chemistry has taken Richard Zare in many directions throughout his long career



*Richard Zare laureato in chimica nel 1961 presso l'Università di Stanford, conseguì il dottorato di ricerca in chimica fisica nel 1964 presso l'Università di Harvard. È professore di chimica a Stanford dal 1977.*

Il Comitato Scientifico ed il Comitato di Redazione di *CNS – La Chimica nella Scuola* è costituito da colleghi che sacrificano il proprio tempo libero o altre attività per rendere il nostro giornale sempre più interessante e soprattutto più vicino al mondo della scuola per gli aspetti di tecnica e politica della formazione ed educazione in chimica. Tra i componenti del Comitato Scientifico con orgoglio abbiamo Richard Zare, un maestro dei maestri, un professore dei professori un'eccellenza nel campo della didattica chimica e dei suoi aspetti di contenuto, linguaggio e tecnica. Con lo stesso orgoglio voglio ora comunicare l'avvenuta assegnazione al prof. Zare della *laurea honoris causa* da parte dell'*Università di Edinburgo*: una laurea di prestigio da parte di un'università di prestigio ad uno studioso di prestigio.

Luigi Campanella

Ho il piacere di ricordare ai lettori di CnS che il Prof. Richard Zare (in occasione del XXIII Congresso della Società Chimica Italiana - Sorrento 5-10 luglio 2009) ha tenuto due conferenze plenarie dal titolo: *The Joy of Chemical Discovery* e *The Importance of Educational Research in Chemistry*.

La *Prima Scuola Estiva di Didattica Chimica e di Ricerca Educativa "Ulderico Segre"*, Urbino dal 12-18 luglio 2009. La Scuola, rivolta ad assegnisti, dottorandi e ricercatori universitari, si proponeva come occasione di riflessione su alcune tematiche fondamentali concernenti la didattica della chimica e il processo di insegnamento-apprendimento. In questo contesto si è inserita la realazione del professor Zare.

### **L'uomo, il maestro e lo scienziato**

"Entusiasmo " è la parola che si usa più spesso quando si parla di Richard N. Zare.

Zare porta una grande carica di entusiasmo in tutto quello che fa: dalla ricerca all'insegnamento fino al servizio pubblico.

Uno dei segreti del successo di Zare è il fascino o meglio la seduzione della chimica. Così spiega il perché: *"Il mondo tangibile è costituito da materia; la chimica è nella materia che può essere cambiata da una forma all'altra. Come potrei non essere affascinato dalla chimica ?!"*.

In occasione del conferimento della medaglia Priestley il Prof. Zare disse: *"Essere scelti per questo grande onore è naturalmente gratificante ed emozionante, sono profondamente consapevole, tuttavia, che ci sono molti altri che sono meritevoli di tale riconoscimento"*

### **L'amore per l'insegnamento**

Dice Zare: *Trovo che l'insegnamento sia un'arma segreta di fare ricerca, ogni volta che insegno in un corso, vengo fuori con nuove idee di ricerca di qualche tipo o di qualche altro.*

Il professor Zare ritiene che nell'insegnamento è minimo il trasferimento di informazioni, si tratta in massima parte di ispirare gli studenti; a questo proposito così spiega la sua idea:

*"Un motore di ricerca mi batterà ogni volta che voglio informazioni".  
"Quello che il motore di ricerca non vi dice è il perché si vuole sapere su questo o su quello."*

Insegnare non è solo assaporare la possibilità di promuovere la curiosità e l'interesse per la scienza nei giovani studenti, ma l'insegnamento è il mezzo attraverso il quale si migliora la propria ricerca.

I suoi interessi di ampio respiro fanno sì che il suo gruppo di ricerca sia sempre impegnato in progetti diversi.

*L'essenza della ricerca di successo* è la messa in discussione delle ipotesi.



Zare ritiene che sia fondamentale, “*per i suoi studenti*”, l'introduzione di nuovi concetti; questa sua convinzione lo ha spinto a fare proprio questo nel suo corso e gli ha permesso di ottenere degli studenti attivamente coinvolti nella ricerca.

Oltre al suo impegno nell'insegnamento e nella ricerca, Il professor Zare è stato elogiato per il suo sostegno alle donne. Nel 2008 fu nominato socio dell' Association for Women in Science . (AWIS) è la più grande organizzazione multi-disciplinare per le donne in scienze, tecnologia, ingegneria, e matematica...

Quando divenne direttore del Dipartimento di Chimica, Zare decise di affrontare una questione molto importante per le donne". Coinvolse a tal punto i suoi colleghi che fu approvata l'istituzione del congedo di maternità retribuito per le studentesse dottorande, sia nel dipartimento che nell'intera struttura; il congedo veniva concesso per la durata di 12 mesi per le studentesse del dipartimento, mentre l'Università lo concedeva solo per sei mesi.

Richard continuò e continua il suo impegno sociale aggiungendo la sua voce al coro di coloro che chiedono che la legge federale, che vieta la discriminazione nei confronti delle donne e delle ragazze in materia di istruzione, dovrebbe essere utilizzata per favorire l'equità di genere.

Zare alla domanda che chiedeva quali prospettive avesse per la pensione così rispondeva: "*Io non penso di fermarmi, sono un po' spaventato quando le persone dicono che questo è un premio alla carriera*".

*Sorry, I was planning to continue.*

Pasquale Fetto



# Avogadro non ha mai scritto H<sub>2</sub>O né altre formule chimiche !

Giuliano Moretti <sup>a</sup> e Marco Ciardi <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Dipartimento di Chimica, Sapienza Università di Roma  
(giuliano.moretti@uniroma1.it)

<sup>b</sup> Dipartimento di Filosofia e Comunicazione, Università di Bologna  
(marco.ciardi@unibo.it)

## **Riassunto**

*Nella totalità dei manuali di Chimica generale sia per la scuola secondaria sia per l'università si riporta l'ipotesi di Avogadro, pubblicata nel 1811, secondo la quale <<nelle stesse condizioni di pressione e temperatura volumi uguali di gas contengono lo stesso numero di molecole>>. Si afferma quindi che Avogadro ha interpretato i risultati di Gay-Lussac sulla reattività dei gas e distinto chiaramente i concetti di molecola ed atomo. Avogadro avrebbe quindi proposto le formule corrette per le sostanze acqua, ammoniaca e ossido nitrico, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> e NO, le prime due riportate erroneamente da Dalton come OH e NH.*

*Questa interpretazione è sbagliata e riteniamo questo nostro commento utile sia dal punto di vista epistemologico sia didattico per la relazione diretta tra l'ipotesi di Avogadro ed il successivo contributo di Cannizzaro del 1858 sui concetti di molecola ed atomo e la determinazione dei pesi atomici degli elementi. Cannizzaro utilizzò l'ipotesi di Avogadro con l'ulteriore assunzione che la formula dell'idrogeno, indeterminata per Avogadro (in termini moderni H<sub>n</sub>), sia effettivamente H<sub>2</sub>, permettendo così uno sviluppo straordinario della chimica a partire dal primo congresso internazionale di scienziati tenuto a Karlsruhe nel settembre 1860 per discutere proprio i temi più incerti e importanti della teoria atomico-molecolare. La determinazione di pesi atomici corretti o riformati per 30 elementi da parte di Cannizzaro, utilizzando sia l'ipotesi di Avogadro sia la legge sui calori atomici di Dulong e Petit, fu di fondamentale importanza per lo sviluppo della tavola periodica degli elementi di Mendeleev.*

## **Abstract**

*All the general chemistry manuals report that the results obtained by Gay-Lussac on the reactivity of gases were interpreted by Avogadro in 1811 making a clear distinction between the concepts of atom and molecule, and using the hypothesis that equal volumes of gases at the same temperature*

*and pressure contain the same number of molecules. According to these manuals Avogadro was able to write the formulas for water, ammonia and nitric oxide, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> and NO, the first two formulas reported erroneously by Dalton as OH and NH.*

*On the contrary to what reported in these manuals we want to stress that Avogadro was not clearly aware of the distinction between the concepts of atom and molecule; only some decades after, in 1858, Cannizzaro clarified the concepts of atom and molecule. By making use of the Avogadro's hypothesis and the Dulong and Petit's law, Cannizzaro reported new and reformed atomic weights for 30 elements, and this was of fundamental importance for the development of the periodic table of the elements by Mendeleev.*

### **L'ipotesi di Avogadro e la reattività chimica dei gas**

Il nome di Avogadro è sicuramente noto al pari di quello di altri grandi della scienza, come Galilei o Darwin, ed oggi conosciamo molto sulla vita e sui molteplici contributi scientifici di questo grande fisico torinese [1].

Nel totalità dei manuali di Chimica generale, sia al livello della scuola secondaria sia al livello universitario, viene riportata l'ipotesi di Avogadro, pubblicata nel 1811, secondo la quale <<nelle stesse condizioni di pressione e temperatura volumi uguali di gas contengono lo stesso numero di molecole>>. In questi manuali viene spesso anche citato l'*Essai* del 1811 [2], ma probabilmente nessuno degli autori ha veramente letto questa pubblicazione. Infatti, riportare che Avogadro determinò le vere formule di acqua e ammoniaca, H<sub>2</sub>O e NH<sub>3</sub>, applicando l'ipotesi ai risultati di Gay-Lussac sulla reattività di idrogeno e ossigeno, e di idrogeno e azoto, ne è la chiara dimostrazione.

Notiamo che da un punto di vista didattico è fortemente consigliato nell'insegnamento di alcune parti del programma di chimica generale un approccio storico-epistemologico. Inoltre è evidente che non conosciamo approfonditamente una scienza se non ne conosciamo anche la storia, e questo nostro contributo ci sembra molto importante in relazione alla formazione dei futuri chimici.

Luigi Cerruti ha recentemente rivisitato l'*Essai* [3] e noi con questa breve nota vogliamo ripercorrere i passi principali del saggio di Cerruti per rimarcare il fatto che non è utile presentare al lettore moderno false conclusioni storico-epistemologiche. Tutto questo specialmente in considerazione dell'uso da parte di Cannizzaro dell'ipotesi di Avogadro nel suo fondamentale contributo del 1858 dedicato allo sviluppo dei concetti di molecola e atomo e alla determinazione dei pesi atomici degli elementi [4]. Si noti, inoltre, che uno degli autori della presente nota ha pubblicato nel volume "Avogadro 1811" [5] la trascrizione commentata del manoscritto

dell'*Essai* in cui sono mostrate tutte le fasi di composizione del saggio da parte di Avogadro, la cui prima stesura si presentava in maniera ben diversa dalla versione finale.

L'*Essai* è diviso in otto sezioni (I-VIII) delle quali le prime due sono cruciali per la nostra comprensione delle concezioni di Avogadro sulla struttura della materia, in meno di cinque pagine a stampa sono contenute tutte le proposte teoriche più originali. Nella prima sezione dopo il richiamo ai risultati ottenuti da Gay-Lussac [6], Avogadro enuncia il principio che porta il suo nome:

*Bisogna dunque ammettere che vi siano anche dei rapporti molto semplici fra i volumi delle sostanze gassose, e il numero delle molecole semplici o composte che li formano. A questo proposito l'ipotesi che ci si presenta a questo riguardo e che sembrerebbe essere la sola ammissibile, è di supporre che in qualunque gas il numero delle molecole integranti è sempre lo stesso a volume uguale, o è sempre proporzionale ai volumi.*

Notiamo che le sostanze gassose sono indicate come molecole semplici o molecole composte o molecole integranti. Avogadro rimarca il fatto che Dalton aveva proposto un'ipotesi affatto contraria ritenendo che la diversa attrazione per il calorico delle molecole di sostanze differenti faccia sì che per questo vari la distanza fra le molecole stesse [2]. In termini moderni Dalton indicava idrogeno ed ossigeno con i simboli H e O, intendendo la molecola di queste sostanze elementari come singole specie atomiche<sup>(1)</sup>. Per Avogadro non possiamo conoscere il numero di particelle ultime costituenti la molecola della sostanza elementare [3], quindi le formule chimiche rimangono indeterminate ed in termini moderni possiamo solo scrivere  $H_n$  e  $O_m$ .

Segue quindi un passo che, in accordo con Cerruti [3], per importanza storica sta alla pari con l'enunciato dell'ipotesi sulla costituzione dei gas:

*Partendo da questa ipotesi, si ha il mezzo di determinare assai facilmente le masse relative delle molecole dei corpi che si possono avere allo stato gassoso e il numero relativo di queste molecole nelle combinazioni; poiché i rapporti delle masse delle molecole sono allora gli stessi di quelli delle densità dei diversi gas, a pressione e a temperature uguali, e il numero relativo delle molecole in una combinazione è dato immediatamente dal rapporto dei volumi dei gas che la formano.*

Secondo l'ipotesi di Avogadro la densità relativa dell'ossigeno rispetto all'idrogeno rappresenta anche il rapporto tra le masse delle due molecole integranti, in termini moderni possiamo scrivere:

$$\text{densità } O_m / \text{densità } H_n = \text{massa } O_m / \text{massa } H_n \approx 15 \quad (1)$$

Lo stesso vale per l'azoto

$$\text{densità } N_p / \text{densità } H_n = \text{massa } N_p / \text{massa } H_n \approx 13 \quad (2)$$

La spiegazione molecolare della legge di Gay-Lussac sulla reattività tra gas, che implica il numero relativo delle molecole nelle combinazioni, è riportata nella seconda sezione dell'*Essai*. In accordo con Cerruti [3] cerchiamo di seguire i ragionamenti e la retorica di Avogadro riportando un ampio periodo della seconda sezione dell'*Essai* in cui si tratta la reazione tra idrogeno e ossigeno per dare acqua:

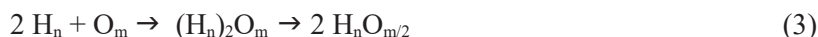
*Per esempio, il volume dell'acqua supposta gassosa è, come ha fatto vedere Gay-Lussac, doppio di quello del gas ossigeno che vi entra o, il che è poi la stessa cosa, uguale a quello dell'idrogeno, invece di essere uguale a quello dell'ossigeno. Tuttavia esiste un mezzo assai naturale per spiegare i fatti di questo genere in conformità alla nostra ipotesi: ed è di supporre che le molecole costituenti d'un qualsiasi gas semplice, cioè quelle che si trovano a una distanza tale da non poter esercitare la loro mutua azione, non siano formate da una sola molecola elementare, ma risultino da un certo numero di queste molecole riunite in una sola per mezzo dell'attrazione, e che quando le molecole di un'altra sostanza devono essere aggiunte alla prima per formare delle molecole composte, la molecola integrante che ne dovrebbe risultare si divida in due o più parti o molecole integranti composte della metà, del quarto, ecc., del numero di molecole elementari da cui era formata la molecola costituente della prima sostanza, combinate colla metà, col quarto, ecc., del numero di molecole costituenti l'altra sostanza che dovrebbe combinarsi colla molecola totale; oppure, ciò che è lo stesso, con un numero uguale di mezze molecole, di quarti di molecola, ecc., di questa seconda sostanza; di modo che il numero delle molecole integranti del composto diventi il doppio, quadruplo, ecc. di ciò che dovrebbe essere senza questa divisione e tale che basti a soddisfare al volume del gas che ne risulta <sup>a</sup>.*

<sup>a</sup> Così la molecola integrante dell'acqua, a esempio, sarà composta di una mezza molecola d'ossigeno con una molecola o, il che è la stessa cosa con due mezze molecole d'idrogeno.

Nella prima sezione le sostanze gassose erano state indicate con i termini molecole semplici o molecole composte o molecole integranti. Nella seconda sezione si introducono altri due termini, molecole costituenti e molecole elementari. Per il contesto in cui vengono utilizzati questi nuovi termini possiamo concludere che con molecola costituente si intenda sempre la sostanza gassosa, cioè un termine equivalente a molecola semplice o molecola composta o molecola integrante. Con il termine molecola elementare si dovrà invece intendere una parte di molecola semplice o molecola

composta o molecola integrante. Come è stato riportato da Cerruti [3] in nessun modo Avogadro distingue atomi e molecole. Avogadro non prende posizione sulla costituzione ultima delle molecole elementari ed è quindi falsa l'identificazione delle molecole elementari con i nostri atomi. Nella nota al periodo ripreso dalla seconda sezione dell'*Essai* sopra riportato troviamo una conferma della cautela ontologica di Avogadro: una mezza molecola d'ossigeno e due mezze molecole di idrogeno non sono un atomo di ossigeno e due atomi di idrogeno. Tuttavia il lettore moderno e gli autori dei manuali di Chimica generale in testa sono irresistibilmente tratti a leggere in questa nota la prima corretta descrizione della costituzione della molecola dell'acqua.

In accordo con i risultati di Gay-Lussac e con le definizioni di Avogadro possiamo scrivere, in termini moderni, la reazione di sintesi dell'acqua seconda la quale due volumi di idrogeno reagiscono con un volume di ossigeno per dare due volumi di vapore acqueo nel seguente modo:



Dopo l'aggregazione di idrogeno ed ossigeno la reazione porta alla formazione della molecola integrante dell'acqua. Poiché, in termini moderni, non erano noti i valori dei coefficienti  $m$  ed  $n$ , Avogadro non ha mai scritto la formula  $H_2O$  per rappresentare l'acqua.

Le molecole coinvolte secondo gli intendimenti di Avogadro compongono una gerarchia precisa [5,7] e sono così classificate:

- a) *molecole semplici, molecole composte, molecole integranti*: idrogeno ( $H_n$ ), ossigeno ( $O_m$ ) e acqua ( $H_nO_{m/2}$ );
- b) *molecole costituenti* : idrogeno ( $H_n$ ), ossigeno ( $O_m$ ), essendo queste le molecole costituenti della molecola integrante acqua ( $H_nO_{m/2}$ );
- c) *molecole elementari* : idrogeno ( $H_n$ ), ossigeno ( $O_{m/2}$ )

Per Avogadro la massa della molecola d'acqua, avendo scelto come unità la massa dell'idrogeno ( $H_n$ ), ha il seguente valore:

$$\text{massa } H_nO_{m/2} = [2 \cdot \text{massa } H_n + \text{massa } O_m] / 2 = 17/2 = 8.5 \quad (4)$$

La composizione percentuale dell'acqua sarà quindi:

$$\begin{aligned} H &= 1 \cdot 100 / 8.5 \approx 11.8 \% \\ O &= (15/2) \cdot 100 / 8.5 \approx 88.2 \% \end{aligned} \quad (5)$$

Valori molto prossimi a quelli oggi stabiliti con notevole precisione.

### La "legge degli atomi" di Cannizzaro

Cannizzaro, nel *Sunto di un corso di filosofia chimica, fatto nella R. Università di Genova* pubblicato nel 1858 [4], ed ancora nel suo intervento al congresso internazionale di Karlsruhe (3-5 settembre 1860) introduce una

chiara distinzione tra il concetto di molecola e quello di atomo. Cannizzaro considera valida l'ipotesi di Avogadro ed assume per l'idrogeno la formula diatomica  $H_2$ , cioè fissa il valore  $n = 2$  nelle formule riportate nell'Eq.(3) :



La densità dell'acqua e dell'ossigeno relative all'idrogeno, circa uguali rispettivamente a 9 e 16, danno come massa molecolare relativa dell'acqua e dell'ossigeno (nella scala massa  $H = 1$ ) il valore massa  $H_2O_{m/2} = 18$  (cioè  $2 \cdot 9$ ) e  $O_m = 32$  (cioè  $2 \cdot 16$ ). Da ciò si deduce la massa atomica relativa dell'ossigeno  $O = 16$  ed il fatto che l'ossigeno molecolare è diatomico,  $m = 2$ , e la formula corretta per l'acqua,  $H_2O$ .

Appare quindi evidente come per tutte le sostanze di cui è misurabile la densità gassosa si possa facilmente calcolare il valore della massa molecolare nella scala massa  $H = 1$ . Da questi valori, e dalla composizione delle sostanze ottenuta dall'analisi chimica, Cannizzaro arrivò a stabilire attraverso la "legge degli atomi" valori corretti sia delle masse atomiche degli atomi costituenti le molecole sia delle formule molecolari delle sostanze.

Riportiamo il brano del *Sunto* dove viene enunciata "la legge degli atomi" [Rif.4, pp.328-331]:

*... le varie quantità dello stesso elemento contenute in diverse molecole son tutte multiple intere di una medesima quantità, la quale, entrando sempre intera, deve a ragione chiamarsi atomo.*

*... La legge sopra enunciata, da me detta legge degli atomi, contiene in sé quella delle proporzioni multiple e quella dei rapporti semplici tra i volumi; il che dimostro ampiamente nella mia lezione.*

L'applicazione della legge degli atomi a scopo didattico è stata illustrata in dettaglio in una precedente pubblicazione [8]. Qui vogliamo solo ricordare, che in termini moderni, secondo l'ipotesi di Avogadro, assumendo diatomica la molecola d'idrogeno (ipotesi di Cannizzaro), possiamo scrivere la densità relativa della sostanza  $j$ -esima rispetto all'idrogeno secondo l'equazione

$$d_j/d_{H_2} = M_j / 2 m_H \quad (7)$$

ponendo  $M_j / m_H \equiv M_j$  la massa molecolare relativa della sostanza  $j$ -esima  $M_j$  (in grassetto le masse assolute delle molecole e degli atomi).

Ovviamente vale la formula  $M_j = \sum_i m_i v_{ij}$ , dove  $m_i \equiv m_i / m_H$  rappresenta la massa atomica relativa dell'atomo  $i$ -esimo ed i coefficienti  $v_{ij}$  rappresentano il numero di atomi  $i$ -esimi per molecola  $j$ -esima <sup>(2)</sup>.

La composizione percentuale dell'elemento nella sostanza ( $p_{ij} \% = p_{ij} \cdot 100$ ),



ottenuta con l'analisi chimica operando su quantità macroscopiche di materia, è uguale a quella della singola molecola; possiamo quindi scrivere la seguente equazione generale, che possiamo definire come "l'equazione della legge degli atomi" di Cannizzaro

$$M_j \cdot p_{ij} = m_i \cdot v_{ij} \quad (8)$$

Le masse atomiche si ottengono dai valori minimi della quantità  $m_i \cdot v_{ij}$  assumendo per questi casi  $v_{ij} = 1$ .

Un aspetto centrale della legge degli atomi che merita di essere approfondito riguarda l'assunzione di Cannizzaro relativa alla natura diatomica della molecola di idrogeno. Essa viene giustificata sulla base della legge degli atomi e non come veniva fatto usualmente come ipotesi esplicativa della legge di Gay-Lussac, come aveva fatto per primo Gaudin [9], disegnando le spettacolari Figure I, II e III utilizzate per schematizzare le reazioni di sintesi di cloruro di idrogeno, acqua e ammoniaca a partire da idrogeno e cloro, idrogeno e ossigeno, e idrogeno e azoto, qui riprodotte nella Figura 1. Considerando il caso relativo all'analisi dell'idrogeno nella sostanza j-esima le Eq. (7) e (8) diventano rispettivamente le Eq. (9) e (10), dove con  $H_n$  abbiamo indicato la molecola di idrogeno per Avogadro (in termini moderni), essendo n il numero di atomi di idrogeno per molecola ( $v_{H/H_n} \equiv n$ ):

$$dj/d_{H_n} = M_j / (v_{H/H_n} \cdot m_H) \quad (9)$$

$$M_j \cdot p_{Hj} = v_{Hj} \quad (10)$$

Combinando le Eq.(9) e (10) possiamo scrivere

$$(dj/d_{H_n}) \cdot p_{Hj} = (v_{Hj} / v_{H/H_n}) \equiv v_{H_n/j} \quad (11)$$

Il rapporto  $(v_{Hj} / v_{H/H_n}) \equiv v_{H_n/j}$  rappresenta il numero di volte che un'intera molecola di idrogeno è contenuta nella molecola j-esima. Per Cannizzaro, in accordo con la legge degli atomi, il numero più piccolo della quantità ottenuta sperimentalmente e relativo alla sostanza  $j = HCl$ ,  $(dj/d_{H_n}) \cdot p_{Hj} = v_{Hj}/v_{H/H_n} = 0.5$ , corrisponde alla molecola contenente un atomo di idrogeno, cioè  $v_{Hj} = 1$ . Da questo in accordo con l'Eq.(11) deriva direttamente che  $v_{H/H_n} = n = 2$ .

Notiamo, infine, che nel caso di sostanze solide e di liquidi alto bollenti, non facilmente vaporizzabili, Cannizzaro utilizza la "legge dei calorigi specifici dei corpi semplici e dei composti" di Dulong e Petit per confermare le masse atomiche di elementi pesanti ottenuti utilizzando la legge degli

atomi, o stimare nuovi valori [Rif.4, pp.338-349]. La “capacità calorifica” per atomo allo stato solido (circa 6 cal·g-atomo<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup> nella scala m<sub>H</sub> = 1) non cambia in prima approssimazione passando dall’elemento ai suoi composti. Indicando con *c* il calore specifico dell’unità di massa della sostanza, possiamo scrivere la legge di Dulong e Petit, in termini moderni, con la seguente equazione:

$$c \cdot M_j / (\sum_i v_{ij}) \approx 6 \quad (12)$$

con  $M_j = \sum_i m_i v_{ij}$  = massa molecolare della sostanza. Combinando la legge di Dulong e Petit con misure chimiche di massa equivalente (massa dell’elemento che si combina con 1 g di idrogeno o con 8 g di ossigeno) è possibile ottenere masse atomiche abbastanza precise, essendo queste uguali o multiple della massa equivalente.

Mediante l’applicazione dell’ipotesi di Avogadro e della legge degli atomi Cannizzaro determinò il peso atomico di 18 elementi, il cui valore era già sicuro per 6 elementi (azoto ed alogeni). Per 5 elementi i pesi atomici erano oggetto di discussione (ossigeno, zolfo, carbonio, silicio e boro) e per altri 7 la proposta di Cannizzaro era totalmente innovativa ( mercurio, stagno, titanio, zirconio, alluminio, ferro e cromo). Per mezzo dei calori specifici Cannizzaro selezionò 12 pesi atomici di cui 3 già sicuri (sodio, potassio e argento) e 9 riformati (magnesio, calcio, bario, rame, zinco, piombo, manganese e platino) [4].

La determinazione dei pesi atomici corretti o riformati per un totale di 30 elementi da parte di Cannizzaro fu di fondamentale importanza per lo sviluppo della tavola periodica degli elementi di Mendeleev [10].

### **Conclusioni**

Nel presente contributo abbiamo mostrato che, contrariamente a quanto riportato nei manuali di Chimica generale, le molecole idrogeno e acqua si dovrebbero scrivere, in termini moderni, H<sub>n</sub> e H<sub>n</sub>O<sub>m/2</sub> secondo Avogadro e correttamente H<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O a partire dal fondamentale contributo di Cannizzaro. Dal punto di vista sia epistemologico sia didattico conoscere come si sono evoluti i concetti basilari della chimica ne rafforza l’immagine, la loro profonda comprensione e contribuisce allo sviluppo di una più diffusa cultura scientifica nella nostra società. E’ per questi motivi che invitiamo tutti gli autori di manuali di Chimica generale di mantenere nel loro importante lavoro un giusto equilibrio tra l’approccio didattico e l’approccio storico-epistemologico come qui illustrato prendendo in considerazione i fondamentali contributi di Avogadro e Cannizzaro alla teoria atomico-molecolare.

## Note

(1) La prima versione del sistema di segni letterali con i quali si designano attualmente gli elementi chimici venne realizzata nel 1813 da Berzelius. Il chimico svedese propose di adottare come simboli degli elementi le iniziali del nome latino di ogni sostanza. Per distinguere gli elementi che iniziavano con la stessa lettera era sufficiente aggiungere ad essa la lettera successiva del nome dell'elemento; ad esempio C (carbonium), Ca (calcium), Cu (cuprum). Passarono comunque alcuni anni prima che il sistema di Berzelius venisse adottato. Dalton, ancora nel 1837, sosteneva che i simboli di Berzelius gli sembravano "iscrizioni in antico ebraico".

(2) Nella scala  $m_H = 1$  la costante di Avogadro vale  $N_A = 1/m_H$  (numero di atomi di idrogeno in 1 g di idrogeno atomico). La mole essendo definita, in questa scala, come la quantità di sostanza che contiene un numero di entità elementari (atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle, o gruppi specificati di tale particelle) pari a quanti atomi sono presenti in 1 g di H. Si noti che la massa relativa di un atomo o di una molecola,  $m_i \equiv m_i/m_H$  o  $M_j \equiv M_j/m_H$ , ne rappresenta anche la massa molare espressa in unità  $g\ mol^{-1}$ . I primi valori della costante di Avogadro sono stati ottenuti nei primi anni del XX secolo. Oggi l'unità di massa atomica è basata sulla scala  $m_{^{12}C} = 12$ . Nel Sistema Internazionale di Unità di Misura (SI) la mole è definita come la quantità di sostanza che contiene un numero di entità elementari (atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle, o gruppi specificati di tale particelle) pari a quanti atomi  $^{12}C$  sono presenti in 12 g di  $^{12}C$ . Tale numero rappresenta la costante di Avogadro  $N_A = 12/m_{^{12}C} = 6.022140857 \times 10^{23}\ mol^{-1}$  (J. Fisher, J. Ullrich, *The new system of units*, Nature Physics 12, 2016, pp.4-7).

## Bibliografia

[1] M. Ciardi, *Amedeo Avogadro, Una politica per la scienza*, Roma, Carocci, 2006.

[2] A. Avogadro, *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*, in "Journal de Physique", **73**, 1811, pp.58-76. Tr. It. di Maria Guareschi in A. Avogadro, *Opere scelte*, Torino, UTET, 1911, pp.29-52.

[3] L. Cerruti, Avogadro, Berzelius e la chimica della prima metà del XIX secolo, in "Il fisico sublime, Amedeo Avogadro e la cultura scientifica del primo Ottocento", a cura di M. Ciardi, Il Mulino, 2007, pp.117-146.

[4] S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di Filosofia Chimica fatto nella R. Università di Genova*, in "Nuovo Cimento", **7**, 1858, pp.321-366.

[5] M. Ciardi, *Avogadro 1811*, Fondazione <<Filippo Burzio>>, Centro Studi Piemontesi, 2011.

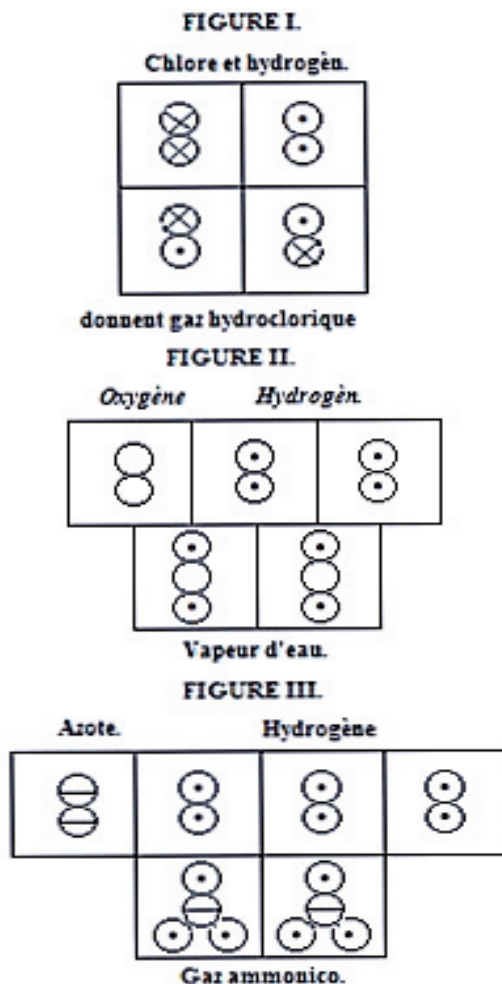
[6] J.-L. Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*, in “Mémoires de Physique et de Chimique de la Société d’Arcueil”, **2**, 1809, pp.207-234.

[7] M. Ciardi, *Avogadro’s Concept of the Atom: Some New Remarks*, in “Ambix. The Journal of the Society for the History of Alchemy and Chemistry”, XLVIII, **1**, 2001, pp.17-24.

[8] G. Moretti, *Avogadro, Cannizzaro e la <<legge degli atomi>>*, in F. Calascibetta (a cura di), *Atti del XIII Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica* (Roma, 23-26 settembre 2009), Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, vol.127, pp.243-253, Roma 2009.

[9] A.M. Gaudin, *Recherches sur la Structure intime des Corps inorganiques définis, et Considérations générales sur le rôle que jouent leurs dernières particules dans les principaux phénomènes de la nature, tels que la conductibilité de l’électricité et de la chaleur, le magnétisme, la réfraction (simple ou double) et la polarisation de la lumière*, in “Annales de Chimie et de Physique”, **52**, 1833, pp.113-133.

[10] E.R. Scerri, *The Periodic Table, Its Story and Its Significance*, Oxford University Press, 2007.



**Figura 1.** Ipotesi esplicitiva della legge di Gay-Lussac e dell'ipotesi di Avogadro proposta da Gaudin [9] nel 1833 per razionalizzare i risultati relativi alle reazioni tra i gas cloro e idrogeno per dare "acido cloridrico", ossigeno e idrogeno per dare vapore d'acqua, e azoto e idrogeno per dare ammoniaca.



## Chimica alla scuola primaria

Maria Luisa Testa <sup>a</sup>, Francesca Deganello <sup>a</sup>, Maria Laura Tummino <sup>b</sup>

<sup>a</sup>) CNR – Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati,  
UOS Palermo, via U. La Malfa 153, 90146 Palermo (Italia)  
email: marialuisa.testa@cnr.it francesca.deganello@cnr.it

<sup>b</sup>) Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Chimica,  
Via P. Giuria 7, 10125 Torino (Italia)  
email: marialaura.tummino@unito.it

### **Riassunto**

*L'articolo riporta l'esperienza di didattica chimica presso una scuola primaria di Palermo. Le autrici e le insegnanti, in stretta collaborazione, si sono proposte di trasmettere concetti sulla chimica come parte integrante della vita e sul ruolo "verde" del chimico che può apportare un beneficio all'ambiente. Le esperienze si sono articolate con lezioni ed esperimenti usando prodotti naturali. Il successo dell'iniziativa ha dimostrato che una proficua interazione fra scuola ed enti di ricerca è fondamentale per un insegnamento attuale e stimolante di una materia "ostica" come la Chimica.*

### **Abstract**

*In this paper, the teaching experience about chemistry, at a primary school in Palermo (Italy), is reported. The purpose of teachers and researchers, in close cooperation, was the communication of some basilar concepts to pupils about chemistry as part of our life and the green and eco-friendly role of chemists. Lessons and group experiments were carried out by using natural substances. The success of this event demonstrated that a strong interaction between school and research institutions is fundamental for a stimulating learning of a badly understood subject such as Chemistry.*

### **Introduzione**

La chimica è generalmente considerata una materia ostica e, per tale motivo, si ritarda il suo inserimento nei programmi ministeriali delle scuole primarie. Sia l'approccio che l'approfondimento di alcuni concetti concernenti la chimica sono spesso affidati alla discrezionalità dell'insegnante. Per quanto riguarda la letteratura italiana per gli alunni della scuola primaria e, più in generale, per i bambini dai 6 ai 10 anni, essa sembra essere confinata a pochi elaborati specifici [1]. D'altro canto si preferisce invece affrontare la chimica all'interno dei generici libri di scienze.

Recentemente sono stati proposti alcuni libri rivolti agli insegnanti di scienze della scuola primaria, che intendono trasmettere nuove informazioni didattiche e stimoli necessari a proporre una visione più “chimica” anche nelle classi dei più piccoli [2]. Inoltre, da alcuni anni, si sono sviluppate diverse iniziative di divulgazione chimica adatte anche ai giovanissimi [3], con l’intento di far loro conoscere questa disciplina in modo divertente, adeguando i contenuti alla loro età e alle loro competenze. Alcune iniziative di divulgazione della chimica alla scuola primaria sono state descritte in dettaglio nella rivista “La chimica nella Scuola” [4].

In linea con questo panorama, viene descritto in questo articolo il percorso di chimica, che ha coinvolto nel 2014 e nel 2015, le autrici e circa 60 alunni delle classi di II, III e IV elementare di una scuola primaria di Palermo. Il percorso, comprensivo di più esperienze, è stato finalizzato alla trasmissione di concetti base riguardanti la chimica e in particolare la figura del chimico-scienziato e le modalità di esecuzione di un esperimento scientifico, ponendo l’attenzione anche su aspetti relativi alla chimica come parte integrante della vita quotidiana, componente fondamentale per uno sviluppo sociale, economico ed eco-sostenibile.

Il merito più grande di questa iniziativa è, a giudizio delle autrici, l’aver creato un percorso, più che un singolo evento di divulgazione o spettacolarizzazione della chimica, pur riconoscendo in questi una importante valenza formativa. E’ stata una piccola grande avventura divisa in tappe, in cui gli alunni coinvolti, data la giovanissima età, erano pressoché privi di basi scientifiche. La sfida è stata quella di tracciare per loro -e con loro- il primo segno su un foglio bianco chiamato Chimica.

## **Il percorso**

### **La struttura**

Durante il primo anno il percorso si è articolato in tre fasi principali: una fase di preparazione degli alunni all’esperienza, una fase sperimentale in cui si è svolto il laboratorio di chimica ed una fase di consolidamento su quanto appreso dagli alunni. I momenti di preparazione e consolidamento sono stati affidati alle insegnanti di scienze in stretta collaborazione con le ricercatrici.

Nella fase preparatoria, sono state approfondite tematiche che hanno spaziato dalla figura dello scienziato al metodo scientifico da lui utilizzato, dalla materia ai suoi elementi costitutivi, fino ad introdurre anche il concetto di atomo. In questa fase iniziale (di un mese circa) le insegnanti hanno quindi svolto attività specifiche di scrittura, disegno e discussione sul chimico, sottolineando le differenze con gli altri scienziati, e sul metodo sperimentale, ponendo le basi della metodologia che sarebbe poi stata applicata durante il laboratorio. In Figura 1a è riportato un elaborato di una alunna di classe II, dove si differenziano gli argomenti di studio del chimico



rispetto a quelli degli altri scienziati. E' stato anche affrontato il concetto di atomo come costituente della materia che vediamo e tocchiamo ogni giorno, presentandolo come "il mattoncino fondamentale" della materia stessa. A tal proposito, in Figura 1b è riportato un estratto dell'attività sull'atomo, svolta da una alunna di II elementare.

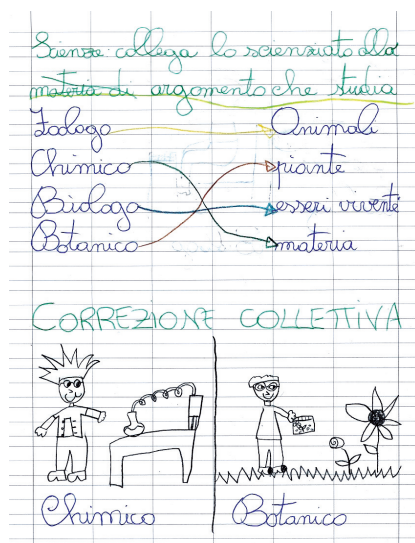


Figura 1a

Scienza: laboratorio sull'atomo

Un atomo è il mattoncino fondamentale che costituisce tutta la materia che ci circonda.

Tutto quello che ci circonda (come il bosco, le piante, le case, i vestiti) tutte le cose che utilizziamo e anche il nostro corpo sono formati da piccoli granellini minuscoli che si chiamano atomi.

Figura 1b

Figura 1: a) Elaborato sulla figura del chimico. b) Estratto dell'attività sull'atomo; entrambi svolti durante la fase di preparazione al laboratorio di chimica

Il laboratorio di chimica vero e proprio (di 4 ore per ogni classe) svolto dalle autrici è stato comprensivo di una parte teorica, dove la chimica è stata spiegata attraverso immagini e nozioni associabili a concetti familiari agli alunni e con giochi interattivi di gruppo, e una parte sperimentale, in cui gli alunni hanno svolto degli esperimenti sotto la supervisione delle ricercatrici. Per questo percorso educativo sono stati scelti mezzi didattici molto diversi fra loro, al fine di trasmettere le informazioni nel modo più vario e ampio possibile con diapositive, giochi ed esperimenti ad alto impatto visivo.

Nel secondo anno il percorso ha previsto alcune lezioni-laboratorio di chimica, come potenziamento dell'offerta formativa di Scienze. Gli argomenti trattati, concordati con le maestre in base al programma scolastico di Scienze delle rispettive classi, sono stati di approfondimento circa alcuni aspetti prettamente legati alla chimica. Le lezioni (tre lezioni di un'ora ciascuna a cadenza mensile per ogni classe) sono state strutturate facendo seguire ad una semplice spiegazione dell'argomento alcuni esperimenti pratici con la partecipazione degli alunni e un test orale di verifica finale di gruppo.

Durante tutto il percorso, sono stati utilizzati per lo più materiali e reagenti naturali e non dannosi per la salute dei bambini, quali, ad esempio, frutta, verdura e altri alimenti, pongo, stuzzicadenti. Tra gli esperimenti effettuati durante tutto il percorso, verranno riportati solo quelli più significativi ai fini dell'impostazione di questo articolo.

Per entrambe le esperienze svolte nei due anni, durante le settimane successive ai laboratori, gli alunni hanno eseguito insieme alle insegnanti delle attività di scrittura e disegno, atte a riprendere e cementare i concetti appresi.

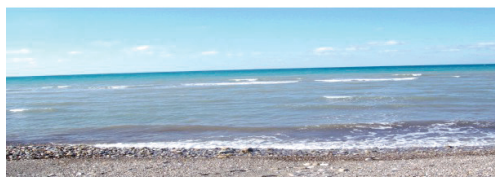
## **I concetti**

### *Il chimico e la materia*

Il primo obiettivo che ci siamo posti - in linea con le lezioni preliminari affrontate dalle insegnanti - è stato quello di chiarire cosa sia la chimica, definendone più nel dettaglio la figura professionale associata, ossia quella del chimico. In tal senso, si è ricorso a cenni storici sui primi esperimenti di alchimia e poi sono state illustrate le attività di competenza del chimico e gli oggetti che usa quotidianamente nel suo lavoro.

Si è anche introdotto il concetto, seppur astratto, di atomo che è stato descritto semplicisticamente come l'unità fondamentale della materia. E' stata poi illustrata a grandi linee la tavola periodica, in cui ogni diverso tipo di atomo (elemento) è come una lettera dell'alfabeto: nel mondo gli elementi si combinano a creare la materia, come le lettere si uniscono a formare le parole. Sono state distribuite varie schede raffiguranti gli elementi chimici e le diverse forme in cui essi sono presenti in natura e nella vita di ogni giorno

Ad esempio, nella scheda dell'ossigeno (Figura 2) sono state inserite le immagini del mare (l'acqua) e del cielo (l'aria).



**Figura 2** - Scheda dell'elemento Ossigeno che illustra le immagini dove esso è presente

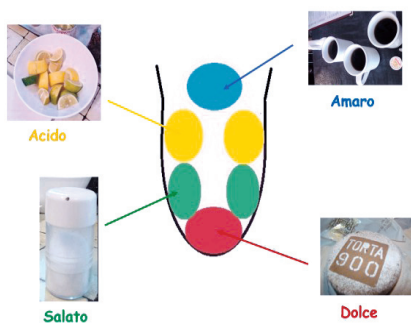
Nell'attività di gruppo associata a queste nozioni, gli alunni sono stati chiamati a turno per ricreare con le schede una sostanza (per esempio acqua, sale, etc.) o una miscela (acqua del mare, acqua e sabbia, aria).

### *Il pH*

Per chiarire ulteriormente come sia stato possibile dare vita al connubio fra teoria, esperimenti e attività di gruppo, si riporta di seguito la modalità con cui è stato dimostrato il funzionamento degli indicatori di pH (o acido-base).

In primis, gli indicatori di pH sono stati metaforicamente presentati come delle "lingue chimiche" (Figura 3).

### La "lingua chimica"



**Figura 3**- Schema di una lingua umana, in grado di percepire i gusti tramite i diversi recettori

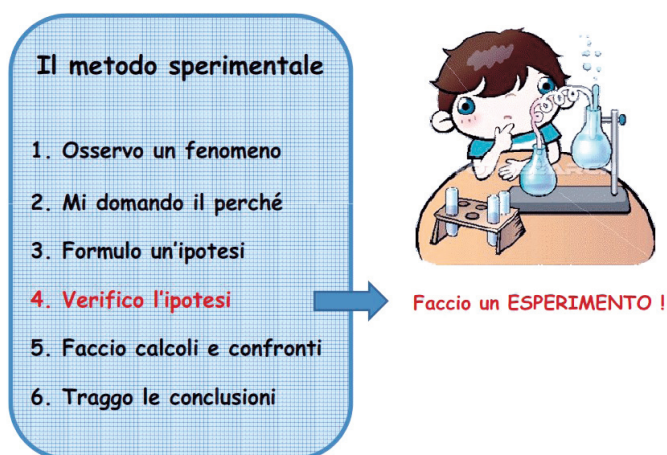
Come la lingua umana distingue l'amaro, il dolce, il salato e l'acido, un indicatore acido-base riesce a "capire" quanto siano acide le sostanze. L'attività di gruppo ha quindi previsto che alcuni alunni assaggiassero ad occhi chiusi un po' di zucchero, sale, limone e cacao amaro, esponendo i gusti percepiti. Grazie alla loro partecipazione attiva a questo divertente esperimento, gli alunni sono riusciti ad comprendere in modo più profondo e immediato il ruolo dell'indicatore di pH, prima ancora di aver familiarizzato con il concetto di pH stesso, introdotto poi nelle attività successive.

Affinché gli alunni prendessero maggiore dimestichezza con i termini acido e basico è stata mostrata una scala di acidità, o scala del pH, che andava dall'acidità del limone alla basicità della candeggina. Il primo indicatore acido-base presentato è stata la classica cartina al tornasole; in seguito è stata effettuata l'estrazione in acqua degli antociani del cavolo rosso (ottenendone una soluzione blu), i quali sono dei noti indicatori naturali. Gli alunni, attraverso queste "lingue chimiche" si sono cimentati nella misura del pH di sostanze comuni quali acqua, limone, saliva, albume d'uovo, ecc. e sono stati decisamente sorpresi dai viraggi (dai cambi di colore) degli indicatori a seconda delle sostanze prese in analisi.

### *Il metodo sperimentale*

La Figura 4 descrive i sei punti fondamentali del metodo sperimentale, inquadrando l'esperimento in un contesto più ampio che comprende una fase preliminare di osservazione, domande e ipotesi e una fase decisiva di elaborazione dei dati e conclusioni.

## Cosa è un esperimento?



**Figura 4:** L'esperimento visto nel contesto del metodo sperimentale illustrato in sei punti.

Tra le attività che sono state il punto di partenza per la riflessione sul metodo sperimentale sarà qui descritta quella denominata “pietra, stoffa e spugna”. A monte dell’esperienza si è affrontato anche il tema della classificazione dei materiali in base alla loro produzione, distinguendo quelli prodotti dall’uomo o disponibili in natura e in tal caso differenziandoli per la loro provenienza (animale o vegetale), in base alla loro struttura (fibre) e alle loro peculiari proprietà (come ad esempio la porosità). Per studiare proprio quest’ultima caratteristica dei materiali, gli alunni hanno dapprima immerso in acqua una pietra, un pezzo di stoffa e una spugna con volume simile e poi, strizzandoli, in un becher graduato ne hanno valutato la loro capacità di “trattenimento” dell’acqua, direttamente proporzionale alla loro porosità. Gli alunni hanno potuto constatare che ciò che per loro era intuitivo e che avevano ipotizzato fin dall’inizio poteva anche essere dimostrato e quantificato, proprio ponendosi delle domande e seguendo le direttive previste dal metodo sperimentale.

### *Le reazioni e i processi chimici*

Per affrontare la reazione chimica come trasformazione della materia in cui determinate sostanze (reagenti) reagiscono tra loro e si trasformano in prodotti, si è condotto uno degli esperimenti che hanno riscosso più entusiasmo: la “birra finta”. Gli alunni, versando nell’ordine tè, limone e bicarbonato di sodio, hanno potuto osservare come i reagenti messi a contatto tra loro producevano una copiosa schiuma (formazione di anidride carbonica,  $\text{CO}_2$ ), che richiama appunto la birra.

Il concetto di processo chimico è stato inoltre approfondito sotto il profilo energetico, spiegando che certe reazioni chimiche producono calore e altre lo richiedono. A tal fine è stato proposto un semplice esperimento come quello della busta di ghiaccio istantaneo: gli alunni sono stati invitati a colpire energicamente la busta, contenente urea e acqua in due compartimenti diversi. La solvatazione dell’urea è un processo endotermico, che conseguentemente ha causato il raffreddamento istantaneo della busta. Analogamente, sciogliendo nitrato di ammonio o idrossido di sodio in acqua, è stato seguito il repentino raffreddamento o riscaldamento del recipiente di vetro.

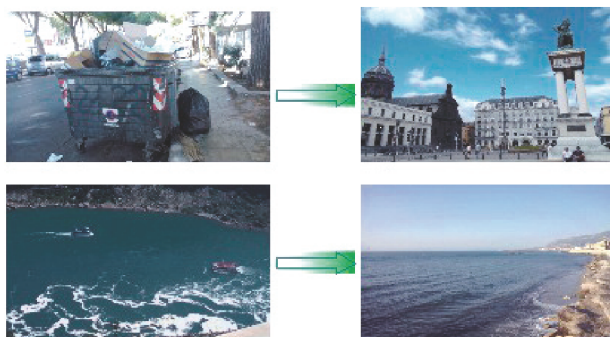
### *Il chimico “green”*

In ultimo, ma non per importanza, è necessario sottolineare lo stampo “verde” che si è voluto dare a questo laboratorio. Oltre ad identificare la funzione sociale del chimico e la differenza che intercorre fra le altre figure professionali inquadrare come “scienziati”, sono state anche mostrate varie diapositive dedicate alla “chimica verde”, proponendo un’immagine innovativa di questa figura, che si discosta dallo stereotipo negativo, spesso

associato a chi inquina l'ambiente. La **Figura 5** mostra una delle diapositive utilizzate per trasmettere un'idea del chimico che pulisce anziché inquinare

## La chimica verde

Ambiente sporco → Ambiente pulito



**Figura 5:** Diapositiva che illustra la funzione “green” del chimico

Nelle classi più avanzate si è potuto affrontare, sempre con un linguaggio congruo all'età, il tema delle energie rinnovabili spaziando anche verso innovazioni non comunemente spiegate nei libri scolastici, come l'uso dei rifiuti per produrre energie alternative (ad esempio i biocarburanti).

### La risposta degli alunni

La risposta degli alunni è stata valutata attraverso l'esame della relazione e dei documenti che ci hanno fornito le insegnanti, oltre che sulla base dell'esperienza diretta delle autrici durante il laboratorio. L'impatto degli alunni nei confronti della chimica è stato molto positivo già durante la fase preparatoria. Inoltre, durante tutto il laboratorio gli alunni hanno dimostrato una vivace attenzione e curiosità per tutti gli argomenti illustrati nelle diapositive, ma soprattutto hanno partecipato attivamente e con entusiasmo alle attività di gruppo che sono state loro proposte. Le insegnanti hanno anche notato che l'uso di materiali della vita quotidiana ha stimolato la naturale curiosità degli alunni sul mondo circostante. I test di gruppo, per verificare la comprensione della lezione e ripassare i concetti appena imparati, hanno avuto un ottimo riscontro fra gli alunni e sono serviti a stimolare ulteriormente i loro ragionamenti. Secondo quanto riportato dalle insegnanti nella relazione finale, un aspetto che ha stupito molto gli alunni è stato il ruolo “ambientalista” del chimico, ed in particolare il tema delle energie rinnovabili. Inoltre, quando ai piccoli è stato chiesto un feedback sull'esperienza appena svolta, pur non esprimendosi sempre con un linguag-

gio adeguato, hanno dimostrato di aver capito la sostanza dei messaggi che avevamo voluto trasmettere. In Figura 6, viene presentato un esempio di come gli alunni di classe seconda hanno immaginato e rappresentato cinque delle fasi del metodo sperimentale applicato all'esperimento "pietra, stoffa e spugna".



**Figura 6:** Elaborato degli alunni di seconda elementare che propone una spiegazione illustrata delle varie fasi del metodo sperimentale, applicato all'esperimento della stoffa, pietra e spugna.

Questo elaborato fa parte di una delle attività di consolidamento svolte dagli alunni sotto la guida delle insegnanti dopo l'esperienza laboratoriale. In questo caso ad ogni alunno è stato chiesto di scrivere e disegnare le varie fasi del metodo sperimentale applicate all'esperimento "pietra, stoffa e spugna".

Le insegnanti, infine, scrivono nella relazione finale «Il ritorno sul piano didattico è stato, per la classe III una migliore comprensione del metodo sperimentale. La classe II che ad oggi è una terza si è mostrata subito interessata all'argomento e l'insegnante di Scienze durante le spiegazioni ha menzionato più volte il lavoro svolto durante i laboratori. E' rimasta comunque impressa nei nostri alunni l'idea del chimico come "l'investigatore della natura" e "lo scienziato che salva la natura"».

### **Conclusioni**

Lo scopo di questa esperienza è stato quello di avvicinare gli alunni alla chimica, al metodo scientifico e alla figura del ricercatore e riteniamo che in effetti il nostro progetto abbia raggiunto a pieno gli obiettivi prefissati. A prescindere dall'aspetto ludico dell'evento, crediamo, infatti, di aver trasmesso con semplicità dei concetti di chimica che sono stati ben assimilati dagli alunni.

Si è creato, inoltre, un percorso di collaborazione fra la scuola primaria e i centri di ricerca, che pone delle solide basi per offrire anche ai più piccoli la possibilità di percepire l'impatto della chimica nella società e nella vita di ogni giorno.

Ci auguriamo, infine, che questo articolo sia di stimolo ad altri per riproporre iniziative analoghe o che comunque fornisca degli spunti su come accostarsi all'insegnamento della chimica per i più piccoli.

### **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano l'Istituto Minutoli di Palermo e in particolare le insegnanti di scienze Nyska Lembo e Cristina Occhipinti, per aver contribuito attivamente alla realizzazione degli eventi "*La chimica alla scuola primaria*" e "*Chimica...è naturale*" e per averci fornito materiale utile alla stesura di questo articolo.

### **Riferimenti bibliografici e sitografia**

- [1] T. Adams, *Guarda che reazione!*, Editoriale Scienza, 2013;  
AA. VV., *Le favole dell'alchimista*, Il Baobab – GRDS Unito, Verbania-Intra 2010, pp. 207;  
C. Fiorentini, *La prima Chimica*, Franco Angeli, Milano 1990, pp. 173; AA. VV., *La Chimica alle Elementari*, Giunti Lisciani, Firenze 1996, pp. 284;  
R. Nicoletti, *Cucina, Chimica e Salute*, Aracne Editrice, Roma 2009, pp. 225;



V. Balzani, M. Venturi, *Chimica! Leggere e scrivere il libro della natura*, Scienza Express edizioni, Trieste 2012.

[2] R. Carpignano, G. Cerrato, D. Lanfranco e T. Pera, *La Chimica Maestra - Didattica della Chimica per futuri maestri*, Il Baobab, L'albero della ricerca 2013; L. Cipolla, *Metodi e strumenti per l'insegnamento e l'apprendimento della chimica*, QD11 Didattica della Chimica Edises, 2016.

[3] La Magia della Chimica ([www.magiadellachimica.blogspot.it](http://www.magiadellachimica.blogspot.it));  
Associazione Culturale Chimicare ([www.associazionechimicare.org](http://www.associazionechimicare.org));  
Palermo Scienza (<http://www.palermoscienza.it/associazione-palermoscienza>);

Chimica-Mente Imparando

(<http://competenzeprimociclosrfvg.jimdo.com/esperienze-didattiche-in-fvg/aree-tematiche/chimica-mente/>);

Museo Nazionale di Scienza e Tecnologia Leonardo da Vinci

([http://www.museoscienza.org/scuole/proposta\\_dett.asp?proposta=2&dip=1&sez=21](http://www.museoscienza.org/scuole/proposta_dett.asp?proposta=2&dip=1&sez=21));

Società chimica italiana

([www.ilblogdellasci.wordpress.com/2013/06/06/chimica-alle-elementari](http://www.ilblogdellasci.wordpress.com/2013/06/06/chimica-alle-elementari));

III Convegno di Education 2.0

([www.educationduepuntozero.it/community/soluzione-c-chimica-parole-4070357801.shtml](http://www.educationduepuntozero.it/community/soluzione-c-chimica-parole-4070357801.shtml)).

[4] I. Rebella, *CnS*, 2015, 4, 11; I. Rebella, *CnS*, 2015, 3, 25; I. Rebella, *CnS*, 2015, 2, 25; I. Rebella, *CnS*, 2015, 1, 15; I. Rebella, *CnS*, 2014, 5, 17; R. Nencini, *CnS*, 2015, 1, 21; E. Scubla, *CnS*, 2014, 3, 9; M. Falleri, S. Taccetti, *CnS*, 2013, 5, 34; E. Parri, L. Cetti, M. Macelloni, L. Rossetti, E. Magazzini, A. Lenzi, V. Domenici, *CnS*, 2013, 1-2, 15.



# **Approfondimenti di alcuni concetti di elettrochimica e termodinamica nella SMS ad indirizzo chimico**

Roberto Soldà  
e-mail: roberto.solda@libero.it

## **Riassunto**

*Attualmente, ormai da diversi anni, nei corsi di matematica ed osservazioni scientifiche della scuola secondaria di primo grado vengono trattati, relativamente all'argomento: calore - lavoro, i due principi della termodinamica ricorrendo ad alcuni semplici esempi.*

*Inoltre anche nei corsi di chimica di base vengono introdotti alcuni concetti di termodinamica per rispondere alla domanda: "Perché avvengono le reazioni chimiche?" In ogni caso però, di solito, ci si limita ad una trattazione teorica senza il supporto di esperimenti.*

*In questo articolo si propongono alcuni approfondimenti ed esperimenti adeguati alle capacità operative e di apprendimento degli allievi dei corsi di chimica generale nella scuola secondaria di secondo grado ad indirizzo chimico, per consentire una migliore comprensione dei basilari concetti di elettrochimica e di termodinamica in collegamento con l'elettrochimica.*

## **Summary**

*Since many years in the mathematics and scientific observations courses of the secondary school of first degree some subjects as heat, work and the two principles of thermodynamics are exposed with reference to some simple examples.*

*More even during some courses of fundamental chemistry some concepts of thermodynamics are proposed aiming to give answer to this question "Why do chemical reactions occur?"*

*Generally the treatment is only theoretical without any experimental deepening to which this paper is dedicated. with particular attention to improving the comprehension of the basic principles of electrochemical thermodynamics*

**1. Obiettivi didattici**

Gli obiettivi didattici che si intendono raggiungere sono:

- 1) approfondire alcuni concetti di elettrochimica e dell'affinità chimica collegandoli ai principi di termodinamica dei corsi di osservazioni scientifiche della scuola secondaria di primo grado e ai concetti di termodinamica ed elettrochimica acquisiti nel corso di chimica generale.
- 2) insegnare un metodo per determinare l'affinità chimica di una reazione mediante misure di FEM.
- 3) evidenziare che il calore della reazione in gioco in una pila reversibile è collegato alla variazione di entropia e non a  $\Delta H$ .
- 4) sottolineare che la FEM° di una pila basata su una reazione redox dà una misura della “tendenza ad avvenire” della reazione implicata nella pila stessa.
- 5) porre in risalto che il lavoro elettrico fornito da una pila può anche avvenire a spese dell’ambiente, assorbendo da esso calore. E che anche le reazioni endotermiche (a condizione ovviamente che abbiano tendenza ad avvenire spontaneamente) oltre a quelle esotermiche, possono essere impiegate per ottenere energia elettrica.
- 6) fornire un approfondimento relativamente alla previsione delle reazioni redox in condizioni non standard, con riferimento soprattutto alle pile in condizioni diverse da quelle standard.

Per conseguire tali obiettivi, gli esperimenti proposti sono realizzabili con materiali e strumenti facilmente reperibili in qualsiasi scuola.

**2. Prerequisiti teorici e pratici**

- Concetti relativi all'equilibrio chimico ed al principio di Le Chatelier
- La costante di equilibrio K come misura della “tendenza ad avvenire” di una reazione e conoscenza della relazione

$$\log K = \frac{n \cdot \text{FEM}^\circ}{0,059} \text{ valida a } 25^\circ\text{C}$$

- Acidi e basi, il prodotto ionico dell'acqua, il pH.
- L'operazione di logaritmo e l'operazione inversa mediante l'uso della calcolatrice.
- Elementi di termodinamica relativi agli aspetti energetici e termodinamici delle trasformazioni.
- Reazioni redox ed elettrochimica.
- Esperimenti relativi al comportamento dei metalli nelle soluzioni di ioni metallici e di ioni H<sup>+</sup> ed all'allestimento di pile e misura delle FEM.

- Sapere prevedere la “tendenza ad avvenire” di una reazione redox utilizzando la tabella dei potenziali standard di riduzione
- Sapere assemblare una pila e misurare la relativa FEM.
- Sapere individuare praticamente, mediante l'utilizzo adeguato del tester, l'anodo ed il catodo di una pila, le relative semi-reazioni di ossidazione e di riduzione e quindi dedurre la relazione tra tali semi-reazioni ed il segno di ciascun elettrodo di una pila.

### 3. Note per l'insegnante

Come è noto la “tendenza ad avvenire ” di una reazione è rappresentata dalla massima quantità di di energia che un sistema fornisce sotto forma di lavoro utile massimo e che è data dall'equazione di Gibbs:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad (1)$$

Nell'ambito delle reazioni chimiche  $\Delta G$  si può misurare solo per le reazioni che interessano le pile elettrochimiche.

Quando una reazione redox spontanea viene fatta avvenire mescolando direttamente i reagenti non viene prodotto lavoro elettrico e la variazione totale di energia, espressa dalla variazione di entalpia  $\Delta H$ , rappresenta il calore di reazione a P costante.

Se tale reazione spontanea si vuole invece utilizzare come sorgente di elettricità e, a tale scopo, viene condotta in una cella elettrochimica, deve risultare, secondo il criterio egoistico:

$$\Delta H = q_r + l_{el} \quad (2)$$

dove  $q_r$  è l'energia non trasformabile in lavoro ossia il calore di reazione scambiato con l'ambiente e  $l_{el}$  è l'energia trasformabile in lavoro, cioè il lavoro elettrico prodotto dalla pila.

Ora, senza introdurre l'equazione (1) di Gibbs che presenterebbe ovvie difficoltà per allievi di un corso introduttivo di chimica, si può collegare la trattazione della “tendenza ad avvenire ” di una reazione ai due principi della termodinamica e ai concetti introdotti presentando le reazioni reversibili, l'equilibrio chimico e l'elettrochimica.

Infatti, in questo modo, la misura della tendenza ad avvenire di una reazione è semplicemente data dalla misura della FEM° della pila basata sulla reazione redox coinvolta nella pila stessa e la FEM° è facilmente calcolabile dagli allievi mediante l'applicazione dei potenziali di riduzione standard.

A questo punto, nota la  $\Delta H$  di una reazione e la definizione del lavoro elettrico espressa dalla formula:

$$l_{el} = - n \cdot F \cdot FEM \quad (3)$$

è anche facile calcolare l'energia non trasformabile in lavoro applicando la (2) e fare comprendere così il nesso con il primo principio della termodinamica ed anche approfondire il concetto di entropia.

Per gli esperimenti qui proposti si sono prese in considerazione le seguenti pile particolari:



(oppure  $\text{CuSO}_4 \text{ } 1 \text{ M}$ ) / Cu



A questo proposito vengono forniti alcuni dati sperimentali (con relative osservazioni e modalità operative) ottenuti durante le attività svolte utilizzando le pile sopra elencate.

E' da premettere che, in tutte le pile sopra riportate, il C (s) (mina per matita o carboncino di pila esaurita) ha la funzione di "supporto" al posto del Pt.

E' opportuno che, per i calcoli più impegnativi, l'insegnante aiuti gli allievi personalmente durante la stesura della relazione o nel corso della discussione relativa ai vari esperimenti proposti.

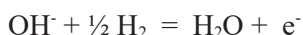
#### 4. Esperimenti proposti

##### **Determinazione delle pressioni di idrogeno negli elettrodi ad idrogeno in ambiente acido ed alcalino**

Si è constatato che, quando si parla di numeri molto grandi o molto piccoli, l'attenzione degli allievi viene subito destata e in questo esperimento ciò si ottiene anche grazie al fatto che si parla di soluzioni acquose in cui è coinvolta la pressione dell'idrogeno (notoriamente molto bassa) in equilibrio con gli ioni idrogeno relativamente alla semi-reazione:  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{H}_2$ .

Come è noto, l'  $r\text{H} = -\log \text{pH}_2$  è una grandezza che non viene trattata a livello di un corso introduttivo di chimica di base ma invece, analogamente al pH, può essere introdotta abbastanza facilmente.

Per questo esperimento, è necessario verificare che gli allievi abbiano i prerequisiti sopra riportati, ma anche spiegare che la semi-reazione anodica:



è data dalla somma di:



ed il potenziale di riduzione standard riportato nella tabella dei potenziali standard è :

$$E^{\circ} = - 0,826 \text{ V.}$$

Usando come elettrodo di riferimento Cu/CuSO<sub>4</sub> sol. sat. (E = 0,318 V) si allestiscono le pile (4) e (5) e si ottengono i seguenti dati sperimentali a 18°C:

$$\text{FEM della (4)} = 0,193 \text{ V} = E_{\text{HCl}} - 0,318; \quad E_{\text{HCl}} = 0,511 \text{ V}$$

$$\text{FEM della (5)} = 0,026 \text{ V} = 0,318 - E_{\text{NaOH}}; \quad E_{\text{NaOH}} = 0,292 \text{ V}$$

E applicando l'equazione di Nernst e assumendo, per semplicità, comportamento ideale (coefficienti di attività = 1) si ottengono facilmente:

pressione H<sub>2</sub> in HCl 0,1 M = 10<sup>-20</sup> bar  
in NaOH 0,1 M = 10<sup>-36</sup> bar.

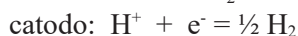
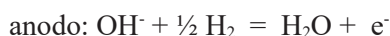
### Determinazione della K di neutralizzazione: H<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> = H<sub>2</sub>O

*Scopi dell'esperimento:*

1) Facendo osservare che la reazione di neutralizzazione:



è una reazione che, dal punto di vista elettrochimico, implica le due semi-reazioni:



si fa calcolare, mediante l'applicazione delle nozioni acquisite, *teoricamente* la FEM° e la K di neutralizzazione.

A 25 °C:

$$\text{FEM}^{\circ} \text{ teorica} = 0 \text{ V} - (- 0,826 \text{ V}) = 0,826 \text{ V.}$$

$$\log K = ( 0,826 / 0,059 ) = 14; \quad K = 10^{14}.$$

2) Determinare *praticamente* la FEM° e la K di neutralizzazione in un modo abbastanza semplice e con materiali facilmente reperibili in qualsiasi scuola.

### Alcune osservazioni e procedimento operativo

L'attività di laboratorio potrebbe essere basata sulla tecnica del "problem solving".

Si assegna quindi il seguente problema:

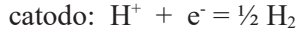
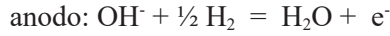
Avendo a disposizione i seguenti dati:

- pressione di H<sub>2</sub> in una soluzione acquosa di HCl 0,1 M = 10<sup>-20</sup> bar a 18 °C;
  - pressione di H<sub>2</sub> in una soluzione acquosa di NaOH 0,1 M = 10<sup>-36</sup> bar a 18 °C;
- e tutti i materiali necessari per assemblare una pila e un tester digitale predisposto per misure di FEM, allestite una pila per determinare la K della

reazione di neutralizzazione:



implicante le due semi-reazioni:



E' necessario ricordare che la pila in condizioni standard, predisposta per la determinazione della K di neutralizzazione o per il prodotto ionico dell'acqua, è la seguente:



mentre la pila (6) è una pila particolare assemblata in condizioni non standard che può essere rappresentata schematicamente:



Si misura la FEM della ( 6 ) che a 18° C= 0,219 V e quindi, tramite la relativa equazione di Nernst e utilizzando le concentrazioni al posto delle attività, si ottiene:

$$\begin{aligned} 0,219 \text{ V} &= \text{FEM}^\circ - 0,0574 \cdot \log \frac{(\text{pH}_2)^{1/2}}{[\text{H}^+][\text{OH}^-](\text{pH}_2)^{1/2}} = \\ &= \text{FEM}^\circ - 0,0574 \cdot \log \frac{(10^{-20})^{1/2}}{0,1 \cdot 0,1 \cdot (10^{-36})^{1/2}} = \text{FEM}^\circ - 0,574 \end{aligned}$$

da cui:  $\text{FEM}^\circ = 0,219 + 0,574 = 0,793 \text{ V}$ .

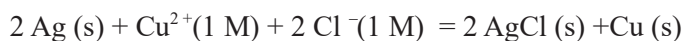
Perciò a 18 °C :

$$\log K = \frac{\text{FEM}^\circ}{0,0574} = \frac{0,793}{0,0574} = 13,8$$

e K di neutralizzazione =  $10^{13,8}$ .

### **Una pila particolare basata su una reazione endotermica**

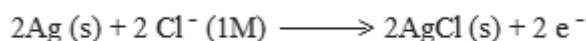
La pila (7) è basata sulla reazione seguente:



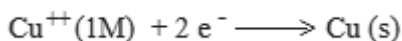
in cui sono implicate le semi-reazioni;



all'anodo la semi-reazione di ossidazione:



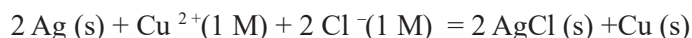
al catodo la semi-reazione di riduzione:



che, essendo endotermica, suscita curiosità da parte degli allievi e presenta un notevole interesse didattico per realizzare gli obiettivi sopra esposti.

Ciò premesso, anche in questo caso un approccio all'attività di laboratorio potrebbe essere basato sulla tecnica del "problem solving" proponendo il seguente problema:

Per la reazione seguente:



è noto che  $\Delta H^\circ = 15,41 \text{ KJ}$ .

Utilizzando la tabella dei potenziali di riduzione standard, prevedere la tendenza ad avvenire di tale reazione.

Poi, avendo a disposizione i reattivi specifici necessari ed il tester digitale predisposto per misure di FEM, allestite la pila in condizioni standard e misurate la sua  $FEM^\circ$  confrontando il valore sperimentale con quello teorico previsto.

Infine calcolate il lavoro elettrico  $l_{el}$ , cioè l'energia trasformabile in lavoro elettrico mediante la relazione:

$$l_{el} = - n \cdot F \cdot FEM$$

ed il calore  $q_r$ , ossia l'energia non trasformabile in lavoro, applicando la relazione:

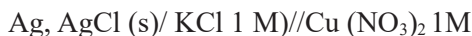
$$\Delta H = q_r + l_{el}$$

Con questa attività gli allievi, utilizzando la tabella dei potenziali standard e la nota relazione:

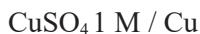
$$FEM^\circ = E^\circ \text{ catodo} - E^\circ \text{ anodo} = E^\circ \text{Ox}_{\text{reagente}} - E^\circ \text{Red}_{\text{reagente}}$$

calcolano che  $FEM^\circ \text{ teorica} = 0,34 \text{ V} - 0,222 \text{ V} = 0,118 \text{ V}$  e prevedono che la reazione ha una discreta tendenza ad avvenire da sinistra verso destra, perché la  $FEM^\circ$  (che è una misura della tendenza ad avvenire della reazione) risulta un valore positivo.

Quindi, con le stesse modalità operative acquisite con l'esperimento di elettrochimica relativo a: "Allestimento di pile e misura di FEM", possono assemblare senza difficoltà la pila



oppure



e misurare la relativa FEM.

### **Dati sperimentali.**

FEM a 18°C con  $\text{Cu (NO}_3)_2 \text{ 1M}$  : 0,110 V.

FEM a 18°C con  $\text{CuSO}_4 \text{ 1 M}$  : 0,072 V.

$$l_{el} = -n \cdot F \cdot \text{FEM} = -2 \text{ mol} \cdot 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,110 \text{ V} = -21,2 \text{ KJ}$$

$$l_{el} = -n \cdot F \cdot \text{FEM} = -2 \text{ mol} \cdot 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,072 \text{ V} = -13,9 \text{ KJ}$$

$$q_r = [15,41 - (-21,2)] = 36,6 \text{ KJ}$$

$$q_r = [15,41 - (-13,9)] = 29,3 \text{ KJ}$$

### **Altre pile particolari**

Problem solving:

Dapprima prevedete la tendenza ad avvenire di Ag in HCl 1 M, Cu in HCl 1M e Ag in  $\text{CuSO}_4 \text{ 1 M}$ :



calcolando le FEM° e le relative K avvalendovi della relazione:

$$\log K = \frac{n \cdot \text{FEM}^\circ}{0,059} \text{ valida a } 25^\circ\text{C}$$

Poi, avendo a disposizione tutto il materiale occorrente ed il tester digitale predisposto per misure di FEM assemblate le pile seguenti:



e misurate le relative FEM, riportando le osservazioni e i dati sperimentali nella tabella simile o uguale a quella sottostante\*.

Pila	Polo (-)	Polo (+)	FEM (V) a 18 °C	Log K a 25 °C	K
Ag/H <sub>2</sub> O//HCl 1M/C	Ag	C	0,32	-13,5	10 <sup>-13,5</sup>
Cu/H <sub>2</sub> O//HCl 1M/C	Cu	C	0,49	-11,5	10 <sup>-11,5</sup>
Ag/H <sub>2</sub> O//CuSO <sub>4</sub> 1M/C	Ag	C	0,17	-15	10 <sup>-15</sup>

\*Nella tabella sono riportati i dati sperimentali ottenuti

Quindi, scrivete le semireazioni all'anodo ed al catodo di ogni pila.

Per quanto riguarda la discussione relativa a questo esperimento è oppor-

tuno richiamare le osservazioni effettuate durante le esercitazioni di laboratorio svolte a proposito del comportamento dei metalli con soluzioni di  $H^+$  e di altri ioni metallici.

Si ricorda così che, visivamente, Ag e Cu non apparivano reagire con  $H^+$  e  $Cu^{2+}$ .

E ciò è in accordo con le previsioni basate su  $FEM^\circ$  e  $K$ , mentre risultano “un po' strane” le polarità e le semireazioni relative alle pile.

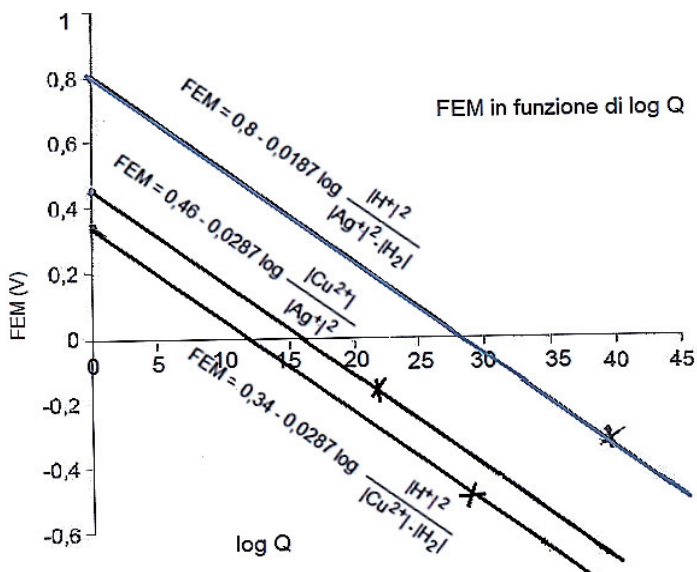
Per spiegare tale apparente stranezza, si può fare vedere che, mediante l'utilizzo di opportuni reattivi specifici, effettivamente Ag e Cu reagiscono con HCl 1 M e Ag reagisce con  $CuSO_4$  1 M.

Infatti, in realtà c'è una reazione, ma essa ha una tendenza ad avvenire talmente irrilevante da essere percettibile soltanto con opportuni reattivi specifici o mediante altri metodi analitici, come l'allestimento di pile, come quelle riportate sopra.

Per esempio: per aggiunta di KI ad una soluzione di HCl 1 M contenente un filo di Ag, si ha un precipitato di AgI dovuto ad  $Ag^+$  in una concentrazione piccolissima.

Nel prosieguo della discussione si pone in evidenza che, come è noto, in condizioni non standard (assenza dei prodotti), in base al principio di Le Chatelier, la mancanza di prodotti tende a spostare la reazione a loro favore, contrariamente alla previsione basata su condizioni standard.

Infine per confermare le polarità presentate dalle tre pile in esame, è utile fornire ai ragazzi i tre grafici di figura.1 e commentarli, facendo osservare l'inversione dei poli e del segno della FEM nelle condizioni iniziali relative a quelle delle pile.



**Attrezzatura, materiale occorrente e modalità operative**

Si può fare riferimento all'attrezzatura, al materiale ed alle modalità operative che, di solito, vengono utilizzati nei corsi introduttivi di chimica di base in concomitanza con lo svolgimento dell'unità didattica relativa all'elettro-chimica.

Altro materiale supplementare

- Un filo di Ag rivestito all'estremità di AgCl(s) (oppure un filo di Ag a contatto con AgCl(s) in una soluzione acquosa di KCl 1M)
- Soluzione acquosa di  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  1M.
- Soluzione acquosa di KCl 1M

**5. Note ulteriori e conclusione**

E' ovvio che, a seconda dell'interesse e delle capacità degli allievi, si possono anche assegnare calcoli relativi all'applicazione dell'equazione di Nernst e all'applicazione della legge di azione di massa per prevedere teoricamente le concentrazioni, ad esempio, di  $\text{Ag}^+$  nella semicella  $\text{Ag}/\text{H}_2\text{O}$  o di  $\text{Ag}^+$  all'equilibrio nella pila:



Comunque ciò non è necessario per allievi di un corso introduttivo di chimica di base.

Si può notare inoltre che, per quanto riguarda la pila basata sulla reazione endotermica, essa ha uno scarso interesse pratico in quanto la FEM è piccola in confronto con le FEM delle pile solitamente impiegate.

Tuttavia, come si è detto, ha interesse didattico perché è una pila che suscita la curiosità degli allievi e può sembrare a loro strana in quanto, dai dati ottenuti, rilevano che tale pila sottrae all'ambiente non solo tutta l'energia corrispondente al lavoro elettrico ma anche l'energia corrispondente a  $\Delta H$  (essendo la reazione endotermica).

Però tale "stranezza" è solo apparente perché la reazione "ospitata" nella cella è endotermica, ma in questo caso:  $\Delta S = (\Delta G - \Delta H)/-T$  è positivo ed il prodotto  $T \cdot \Delta S$  è maggiore di  $\Delta H$ , per cui  $\Delta G$  del sistema  $< 0$  e la reazione ha tendenza ad avvenire spontaneamente.

Si può infine osservare che ci sono altre pile basate su reazioni endotermiche simili a questa ed inoltre ci sono anche pile che "ospitano" reazioni esotermiche ma assorbono calore dall'ambiente invece di emetterne.

Come nota ulteriore si deve tenere presente che, usando  $\text{CuSO}_4$  invece di  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , la FEM risulta inferiore a quella misurata usando  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  perché il coefficiente di attività medio dei due sali, a parità di concentrazione 1 molale, è molto diverso (a  $25^\circ\text{C}$ : 0.0423 per  $\text{CuSO}_4$  e 0.455 per  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) e ciò influisce sull'equazione di Nernst.

Infatti a  $25^\circ\text{C}$  si ha:

$$\begin{aligned} \text{FEM} &= E^\circ \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} - E^\circ \text{Ag, AgCl}/\text{Cl}^- + 0,0295 \log (f_{\pm} \cdot [\text{CuSO}_4]) = \\ &= 0,34 - 0,222 + 0,0295 \log (0,0423 \cdot 1\text{M}) = 0,078 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FEM} &= E^\circ \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} - E^\circ \text{Ag, AgCl}/\text{Cl}^- + 0,0295 \log (f_{\pm} \cdot [\text{Cu}(\text{NO}_3)_2]) = \\ &= 0,34 - 0,222 + 0,0295 \log (0,455 \cdot 1\text{M}) = 0,108 \text{ V.} \end{aligned}$$

Ultima nota:

I dati sperimentali qui riportati si ottengono con soluzioni 1M.

A rigore si dovrebbero impiegare soluzioni 1 m e non 1M perché:

- a) la molalità è indipendente dalla temperatura, mentre la molarità non lo è.
- b) per gli ioni acquosi lo stato standard è quello di attività unitaria ( $a=1$ , soluzione ideale ipotetica con molalità 1 mol Kg<sup>-1</sup> e le loro proprietà termodinamiche sono riferite a tale stato standard).

Per quanto riguarda il tempo necessario per gli esperimenti proposti, essi sono realizzabili approssimativamente nell'arco di due ore.

### Ringraziamenti

Sono grato ai Proff. Maria De Nobili e Renzo Bortolomeazzi dell'Università di Udine ed al Prof. Ermanno Niccoli per l'interessamento e per le fruttuose osservazioni che hanno contribuito alla stesura di questo lavoro.

### Bibliografia

- [1] M. Guardo, *Lezioni di Chimica Fisica 3°*, Zanichelli Editore, Bologna 1991.
- [2] G. C. Pimentel, R. D. Spratley, *Chimica Generale*, Zanichelli Editore, Bologna 1975.
- [3] A. Rostagni, *Meccanica e Termodinamica*, Libreria Universitaria Randi, Padova 1957.
- [4] R. W. Parry, P. M. Dietz, R. L. Tellefsen, L. E. Steiner, *Chimica: fondamenti sperimentali*, Zanichelli Editore, Bologna 1978.
- [5] R. Cozzi, P. Protti, T. Ruaro, *Elementi di analisi chimica strumentale*, Zanichelli Editore, Bologna 1998.
- [6] J. O' M. Bockris, A. K. N. Reddy, M. Gamboa-Aldeco, *Modern Electrochemistry, vol. 2A*, Plenum Press, New York, 2000.
- [7] P.W. Atkins, *Chimica fisica*, Zanichelli Editore, Bologna 1989.
- [8] K. Denbigh, *The principles of Chemical Equilibrium*, Cambridge Press, 1964.
- [9] Handbook of Chemistry and Physics, 70th Edition, Boca Raton, Florida, 1989-90; p. D-171.



## Intervista a Richard T. White

Liberato Cardellini

Università Politecnica della Marche, Via Brecce Bianche, 12 - 60131 Ancona

l.cardellini@univpm.it

### **Riassunto**

*In questa intervista il Professor Richard White della Faculty of Education, dell'Università di Monash (Australia), fornisce alcuni suggerimenti sulle condizioni che aiutano gli insegnanti a fare il loro lavoro in modo efficace.*

*Discute il significato del lavoro di laboratorio e delle connessioni tra il laboratorio e l'apprendimento, e l'importanza di 'episodi' nell'apprendimento delle scienze. La conoscenza delle scienze non deve essere limitata all'apprendimento di fatti, formule e sostituzione dei numeri in esse; il lavoro di laboratorio è una parte essenziale e vitale per la comprensione della scienza.*

*Viene anche discusso il significato del costruttivismo per un insegnante di scienze e il valore della conoscenza pedagogica del contenuto. Se crediamo che gli studenti possano utilizzare le loro conoscenze esistenti per interpretare ciò che ora viene loro insegnato, e che potrebbero costruire significati diversi gli uni dagli altri e da quello che l'insegnante intende, noi come insegnanti dovremmo prendere questo fatto sul serio. Dovremmo controllare in che cosa consistono quelle costruzioni e dovremmo agire, se necessario, per modificarle. White discute anche la preparazione e il supporto in servizio degli insegnanti delle scuole superiori, dei problemi affrontati dai ricercatori in didattica delle scienze, e alcune sue opinioni circa l'insegnamento del problem solving, dell'importanza della conoscenza pedagogica del contenuto e il ruolo appropriato dei libri di testo nell'istruzione. Infine egli condivide la sua visione su come migliorare il livello e la qualità dell'istruzione: tutto ruota attorno alla figura centrale dell'insegnante.*

### **Abstract**

*In this interview Professor Richard White, Faculty of Education, Monash University, gives some suggestions on the conditions that help teachers to do their work effectively.*

*White discusses the meaning of laboratory work and the links between the laboratory and learning, and the importance of episodes in learning science. Learning science must not be restricted to learning facts, formulae*

*and substituting numbers in them: laboratory work is an essential and vital part for the understanding of science. He also discusses the meaning of constructivism for a science teacher, and the value of the pedagogical content knowledge. If we believe that students can use their existing knowledge to interpret what they now hear, and that they might be constructing different meanings from each other and from what the teacher intended, we as teachers have to take this fact seriously. We have to check what those constructions are, and we have to act if necessary to amend them.*

*White also discusses the preparation and in-service support of pre-college science teachers, problems faced by researchers in science education, and some of his opinions about teaching problem solving, the importance of pedagogical content knowledge, and the proper role of textbooks in instruction. Finally he shares his view on how to rise standards in education: it all comes back to the central figure of teachers.*

### **Introduzione**

Richard White ha insegnato per dieci anni Scienze, Fisica e Chimica nelle scuole superiori nello Stato di Victoria, in Australia. È stato insegnante per un anno all'università per insegnanti, per un anno ha insegnato in Nuova Zelanda e per due anni ha visitato le scuole per aiutare l'introduzione dei corsi di Fisica PSSC<sup>1</sup> in Australia. La sua esperienza come insegnante e come esperto del curriculum hanno permesso la sua nomina come presidente del consiglio degli esaminatori responsabili della valutazione esterna per la Fisica delle ultime classi delle scuole superiori per lo Stato di Victoria. Il suo interesse per migliorare l'apprendimento lo hanno condotto alla ricerca, completando nel 1971 un dottorato sull'apprendimento della fisica con Peter Fensham<sup>2</sup> come supervisore. È diventato poi professore incaricato nella Facoltà di Education della Monash University e nel 1981 professore di Educational Psychology; poi nel 1994 Preside della Facoltà di Education. Ha lasciato la Facoltà di Education nel 2000 per fondare a Londra una scuola della Monash University. Ha lasciato l'insegnamento alla fine del 2001.

Gran parte del suo lavoro ha riguardato l'apprendimento delle scienze. Le sue ricerche sulla nozione delle gerarchie di Gagné lo hanno portato a valutare cosa significa comprendere e come sia possibile migliorare l'apprendimento. Questo lo ha condotto alla memoria episodica, sulla quale ha condotto ricerche che includono uno studio degli eventi della durata di venti anni sulla sua memoria. È stato uno dei primi ad occuparsi delle concezioni alternative e il primo presidente del gruppo di interesse speciale Cognitive Structure and Conceptual Change dell'AERA<sup>3</sup>. Ha anche pubblicato studi sugli aspetti generali dell'educazione, compresa l'organizzazione delle scuole per migliorare l'apprendimento.



L'interesse per la meta-cognizione lo hanno coinvolto all'inizio del Project for Enhancing Effective Learning (progetto PEEL).

Le pubblicazioni di Richard White comprendono *Learning Science*, (con Dick Gunstone) *Probing Understanding*, (con Susan Swan) *The Thinking Books*, (curato con Peter Fensham e Dick Gunstone) *The Content of Science*, i capitoli sulle scienze nella terza e quarta edizione dell'*Handbook of Research on Teaching* e numerosi articoli in giornali di ricerche sulla science education, sulla formazione generale e di psicologia.

## *L'intervista*

di  
*Liberato Cardellini*



*Richard T. White*  
*Monash University, Australia*

*Com'è che è diventato un insegnante?*

Nessuno nella mia famiglia aveva mai frequentato l'Università. I miei nonni erano uno imbianchino e l'altro gommista; mio padre era impiegato e mia madre faceva la sarta. Oltre ai miei insegnanti, non conoscevo nessuno che fosse stato studente universitario. Così gli insegnanti furono i miei soli modelli sul ruolo professionale. Naturalmente sapevo che potevo studiare per diventare avvocato o dottore, ma queste professioni non mi attiravano. Mi piaceva la fisica. Ho considerato l'ingegneria, ma c'era la questione del costo degli studi. I miei genitori non erano disperatamente poveri, ma neppure se la passavano bene. Lo Stato offriva borse di studio che coprivano le tasse universitarie e il minimo per vivere, a patto che si insegnasse in una

scuola pubblica per tre anni dopo la laurea. Ho pensato così di utilizzare questa possibilità per mantenermi durante l'Università: avrei insegnato per tre anni, poi, se mi fosse piaciuto insegnare avrei potuto continuare. Pensavo che potevo trovarmi bene come insegnante, visto che mi piaceva interagire con gli altri ed ero interessato alla conoscenza. Così presi una laurea scientifica e un diploma sull'insegnamento e insegnai.

*Qual è stato il periodo migliore che ha avuto insegnando?*

I migliori dei miei dieci anni d'insegnamento nella scuola, sono stati i primi cinque che ho speso con gli stessi studenti, un gruppo dalla prima fino alla quinta classe della scuola superiore e un'altra classe dall'ultimo anno della scuola media fino alla quarta classe della scuola superiore. Il fatto che avevo imparato a conoscere questi studenti così bene e loro conoscevano me, portò ad una collaborazione produttiva, di reciproco sostegno e stima, distesa, della quale mi ricordavo ancora molti anni dopo quando ero coinvolto nei progetti sulla meta-cognizione. Gli studenti e me stesso eravamo meta-cognitivi già allora, molto prima che il termine fosse stato coniato.

*Come mai ha lasciato l'insegnamento per un impiego universitario?*

Ho lasciato l'insegnamento nella scuola per una ragione negativa e per una positiva. Quella negativa era che nel 1960 le scuole Australiane furono sommerse dalle iscrizioni, causate dall'esplosione nelle nascite che seguirono alla 2<sup>a</sup> Guerra Mondiale, dall'immigrazione e dall'interesse aumentato della società per la formazione. La popolazione era raddoppiata in una decina d'anni, e le iscrizioni alla scuola superiore crescevano anche più in fretta. Gli insegnanti tuttavia, provenivano da un periodo di depressione delle nascite ed erano scarsi. Il governo di quel tempo lasciò salire smisuratamente la dimensione delle classi e aumentò i carichi d'insegnamento, cosicché divenne difficile insegnare bene come uno avrebbe voluto. Il governo iniziò ad assumere come insegnanti anche persone che non erano qualificate in nessuna materia, impreparati in pedagogia ed inesperti nel trattare con bambini. E si ebbe così il primo sciopero in assoluto degli insegnanti. Il morale cadde. Agli inizi del 1967 mi trovavo in una scuola superiore con 800 studenti, ed ero l'unico professore che avesse una laurea scientifica, l'unico insegnante di scienze che avesse un qualsiasi addestramento come insegnante, e l'unico che avesse mai insegnato prima. Così, come fecero molti dei miei colleghi professionali con esperienza e preparati, cominciai a cercare fuori dalla scuola per poter fare altre cose.

Riuscii a diventare il vice-responsabile del consiglio per i curriculum scolastici dello Stato di Victoria, dove avevo il compito di aiutare gli insegnanti con l'allora nuovo corso di fisica PSSC.

Questo lavoro mi piacque e mi diede l'opportunità di visitare molte scuole, ma non sarebbe durato che per un breve periodo. Qui ebbe effetto la ragione positiva per lasciare l'insegnamento: ero ancora desideroso di aiutare gli studenti ad imparare meglio, allora divenni di nuovo studente, facendo un dottorato sull'apprendimento scientifico. Di tutti i teorici di quel periodo, il concetto delle gerarchie di apprendimento di Robert Gagné mi sembrò il più rilevante sul fatto che alcuni studenti imparassero alla svelta e altri no. Mi immerse nei suoi scritti.

Riguardando alla mia tesi per il dottorato ora essa può sembrare come un testo di ricerca datato e magari troppo preciso, tuttavia ha ancora un certo valore. Malgrado oggi non si senta più parlare delle gerarchie di apprendimento, coloro che progettano i curriculum e anche gli insegnanti potrebbero trovarci dei vantaggi. Quando nel 1971 ho finito il dottorato, erano pochissime le persone che ne avessero completato uno in una Università Australiana e pochi educatori Australiani che erano attivi nella ricerca pubblicavano in giornali internazionali. Nel mio ruolo di vice-responsabile del consiglio per i curriculum avevo un ufficio nel dipartimento di Fisica alla Monash University e avevo imparato dai fisici che gli accademici dovevano fare ricerca e pubblicare i loro risultati. *Pubblicare! Pubblicare!* era il loro ritornello. Così cominciai a setacciare la mia tesi e mandai alcuni articoli alle più prestigiose riviste che conoscevo. Il mio primo articolo fu pubblicato in *Psychometrika* (White et al., 1973), il secondo in *Review of Educational Research* (White, 1973 a) e gli altri nell'*American Educational Research Journal* (White, 1974 a), nel *Journal of Research in Science Teaching* (White, 1974 b) e nell'*Australian Journal of Education* (White, 1973 b). Sono dispiaciuto quando vedo che chi ha speso così tanto ragionamento e fatica sulla tesi, la abbandona quando è finita senza trasformarla in articoli pubblicabili.

Benché insegnassi scienze nella scuola e gran parte dei miei scritti accademici riguardasse l'apprendimento scientifico, non sono mai stato professore di Science Education. Nella mia prima nomina universitaria, ho insegnato metodi di ricerca e statistica. La mia cattedra all'Università di Monash era in educational psychology, mentre la cattedra di Science Education fu occupata prima da Peter Fensham e poi da Dick Gunstone. Questa è stata una fortuna, perché in Peter e Dick e altri inclusi Paul Gardner e Jeff Northfield, avevo colleghi che erano disponibili a discutere e condividere le idee sull'insegnamento e l'apprendimento scientifico. Senza di loro non sarei stato in grado di produrre molto.

*Che cosa significa essere un insegnante costruttivista? (White, 1988 a, p. ix)*

Un "insegnante costruttivista" è conscio che apprendere è complicato, e comporta interazioni tra quello che viene detto, quello che gli studenti fanno

e quello che vogliono sapere. Così l'insegnante controlla le conoscenze prima e dopo ogni argomento, con una serie di verifiche calibrate – molto più di semplici test. Per dare altri strumenti di verifica agli insegnanti Dick Gunstone ed io abbiamo scritto *Probing Understanding* (White et al., 1992). Gli insegnanti costruttivisti parlano *con*, non *verso*, i loro studenti. Non esiste, ovviamente, la maniera giusta per insegnare, in maniera costruttivista o in altri modi. Ci sono molti modi, che variano con la personalità dell'insegnante e le personalità e i bisogni degli studenti e con il contesto nel quale si trovano. Posso tuttavia offrire un criterio di confronto. Un partecipante ad una conferenza mi chiese una singola raccomandazione da dare agli insegnanti esordienti. Ci pensai un momento, poi dissi, "Di loro: Ascoltate, ascoltate i vostri studenti. Poi saprete cosa fare." C'è molto di più di questo nell'insegnamento, ma ascoltare è la condizione necessaria per l'insegnamento costruttivista.

Sfortunatamente, le condizioni in molte scuole non rendono facile insegnare in modo costruttivista. Gli insegnanti costruttivisti necessitano di avere una buona conoscenza di quello che i loro studenti già conoscono e credono. All'inizio di ogni anno scolastico la scuola solitamente li mette con studenti con cui non hanno lavorato precedentemente, il che agisce contro l'avere questa conoscenza. Il miglior insegnamento che ho fatto è stato quando ho continuato ad insegnare agli stessi studenti per cinque anni consecutivi; il peggiore quando ho speso un anno in un altro paese e dovendo istruire 320 studenti in dieci classi diverse, perché mi risultò impossibile scoprire cosa sapevano.

### *Quale dovrebbe essere la struttura di una lezione ideale?*

Dubito che esista una struttura, o perfino che ci possa essere una lezione ideale. Ci sono buone e cattive lezioni, lezioni migliori e peggiori. E all'interno delle buone lezioni, c'è una grande varietà. La struttura di una lezione riuscita dipende dal tipo di insegnante, dal tipo di studenti, dall'estensione della loro precedente conoscenza, da quanto si sentono motivati dall'argomento e da molte altre variabili. Questa è una delle ragioni per cui insegnare è un'occupazione così stimolante, così impegnativa, così gratificante e alle volte anche mortificante.

Ci sono stati tentativi per promuovere modelli per lezioni riuscite, così come i cinque passaggi che Herbart descrisse agli inizi del diciannovesimo secolo: preparazione, presentazione, associazione, generalizzazione e applicazione. C'è del buon senso in questi modelli, ma non debbono essere presi come sistemi rigidi. Insegnare è troppo complicato per essere codificato; il modo d'insegnare deve rimanere fluido. Ciò non vuole dire che non abbia una sua struttura. Deve essere pianificato e finalizzato e ci possono essere dei principi che guidano le decisioni su quali azioni l'insegnante possa compiere

Ho fatto un piccolo primo passo in delineare alcuni principi in un capitolo del libro curato da Oser, Dick e Patry, *Raising the quality of learning: Principles from long-term action research* (White, 1992). Uno dei miei principi è che malgrado il metodo d'insegnamento e lo stile di apprendimento debbano corrispondere per l'effettivo apprendimento del contenuto, affinché nuove strategie di apprendimento possano svilupparsi il metodo d'insegnamento e lo stile d'apprendimento non debbono però sempre coincidere. Un insegnante con esperienza può sviluppare una confortevole relazione con una classe, in modo che le lezioni vadano lisce e gli studenti imparino senza forzature. Questo è bene, ma l'introduzione occasionale di una nuova forma di lezione è essenziale se gli studenti devono crescere dal punto di vista cognitivo.

*Potrebbe descrivere aneddoti che rappresentino l'efficacia delle sue strategie d'insegnamento?*

Dovresti chiederlo ai miei studenti! Quello che ricordo come particolarmente efficace fu il programma che implementai con le due classi, l'ultima della scuola media e il primo anno delle scuole superiori (classi 7 e 8), nei primi due anni dei cinque che spesi con gli stessi studenti. La scuola aveva accolto i suoi primi studenti l'anno prima, cosicché malgrado dovesse insegnare a molti più studenti per coprire le classi dall'ultimo anno della scuola media fino alla classe quinta delle superiori, in quell'anno aveva solo le classi 7 e 8. Io insegnavo scienze a tutte e quattro le classi di grado 7 e a tutte e cinque quelle di grado 8. Constatavo che il ripetere le lezioni poteva diventare noioso per me e che questa noia si sarebbe trasmessa agli studenti. Così invece di insegnare in piedi per condurre le lezioni, ho preparato molti piccoli esperimenti attorno alla stanza. Durante le diverse settimane su ogni argomento, gli studenti dovevano spostarsi da esperimento a esperimento e scrivere un resoconto di quello che facevano e vedevano succedere. Un esempio è sull'espansione: c'era una lattina vuota, un grosso chiodo, un martello, un cannello Bunsen e un paio di pinze. Gli studenti dovevano usare il chiodo e il martello per fare un buco nella base della lattina, poi scaldare il chiodo e vedere se riusciva ancora ad entrare nel buco. Poi dovevano raffreddare il chiodo e provare di nuovo. Poi dovevano scaldare il buco e vedere se ciò permetteva al chiodo di infilarsi dentro. Questo progetto funzionò molto bene. Gli studenti erano motivati e attivi e non solo imparavano un po' di scienza, ma anche come scrivere le relazioni. Anch'io ero attivamente coinvolto, spostandomi da studente a studente, chiedendo e rispondendo alle domande e tutt'altro che annoiato. In un intero semestre ho scritto pochissime parole alla lavagna e a stento ho svolto qualche lezione a tutta la classe.

Quando questi stessi studenti furono nelle classi di 11 e 12, insegnai loro fisica e chimica. Alla fine di entrambi gli anni questi studenti si dimostrarono molto competitivi negli esami statali. Non sono un sostenitore del giudicare il successo di un insegnante, o di una scuola, dai risultati degli esami, ma fui contento che queste persone che avevano speso così tanto tempo della loro scuola secondaria con me si comportarono così eccezionalmente bene in questi esami, e, penso, si siano anche divertiti ad apprendere la scienza.

*Può l'“aver senso” essere diverso dalla “conoscenza”?*

Hai ragione nel dire che gli “esperimenti” scolastici sono raramente problemi veri, però non deve essere per forza così. È possibile concepire il lavoro pratico che comporti la soluzione di un problema reale. (White, 1980) Mike Watts ha fatto questo, chiedendo agli studenti di migliorare l'acustica del salone della scuola e di scoprire come poter mantenere caldo il cibo tra la cucina della scuola e i tavoli della caffetteria. (Watts, 1994) Poi ci sono esperienze per misurare qualcosa, dove la risposta non è conosciuta a priori. Un esempio, che ho inventato io, richiede agli studenti di scoprire quanto lavoro è necessario per tendere una catapulta, quindi scoprire l'energia cinetica del proiettile che viene sparato e spiegare dov'è finita l'energia mancante. Un po' pericoloso, ma eccitante. E il lavoro pratico dovrebbe suscitare anche delle emozioni. Non c'è niente di più triste che un esercizio per confermare un principio consolidato come la conservazione del momento, dove gli studenti conoscono la risposta a priori.

Il lavoro di laboratorio è essenziale per la comprensione della scienza. Bob Gagné mi disse che lui una volta seguì un corso intitolato “Gentleman's Physics” – la fisica senza alcuna esperienza di laboratorio. Gli chiesi allora cosa il corso “Ladies Physics” sarebbe potuto essere, ma lui disse che ai suoi tempi quando era ancora studente le signore (ladies) non studiavano fisica! In ogni caso, quello che il laboratorio apporta è dare significato a quello che altrimenti risulterebbe informazione sterile o ginnastica matematica. Così com'è, troppo insegnamento di fisica viene presentato come la sostituzione di numeri in formule e l'apprendimento di fatti. Da non travisare! Non sono contro l'apprendimento dei fatti o l'utilizzo delle formule, ma sulla loro eccessiva enfasi a scapito di altre parti vitali della scienza come il lavoro di laboratorio. Quello che si ottiene dal laboratorio sono degli episodi. Un episodio è la memoria di un evento a cui si è partecipato o di cui si è stati spettatori. (Gagné et al., 1978) Alcuni episodi spiccano come molto inusuali e memorabili, mentre altri vengono generalizzati attraverso le ripetizioni. Specifici o generalizzati, sono importanti per la comprensione. J. E. Gordon l'ha messa così: ‘Once one has watched the Brownian movement one's apprehension of the *nature* of heat will never be the same again. It is not that

one can be said to have learned anything in an objective scientific way but rather that one has come to terms with the kinetic theory of heat at a subjective level. It is the difference between having a sunset described and seeing one.’ (Gordon, 1976)

*Può descrivere qualche esperienza interessante ed inusuale che resti facilmente attaccata alla memoria episodica degli studenti?*

Nel mio primo anno come studente universitario, in una lezione di chimica il professore incendiò il monossido di carbonio contenuto in grosso barattolo. Il gas bruciava lentamente verso il basso, con una fiamma paraboloidale blu e il contenitore cominciò ad emettere un tono musicale puro che sali in altezza mentre la fiamma scendeva. Ho tenuto questo episodio vivo nella mia mente per oltre cinquanta anni; è parte integrante della mia comprensione della trasformazione dell’energia.

Ho degli esempi dalle mie stesse lezioni; l’esperimento della catapulta è uno. Un altro è quello che ho descritto prima riguardo al riscaldare il chiodo e il buco della lattina. Un esperimento che non ripeterei adesso, ma che ebbe un forte effetto sugli studenti riguardava la densità. Sono entrato nella classe di grado 9 barcollando con un grosso blocco, che in realtà era polistirolo espanso anche se lo avevo dipinto di colore grigio metallico. Facevo finta di avere difficoltà a trasportarlo, poi fingendo di inciampare lo feci cadere sul grembo di uno studente della prima fila. Certamente questo ha fatto comprendere la nozione di densità piuttosto bene, malgrado il rischio di causare allo studente un infarto. (White, 1988 a, p. 45)

Andrew Mackenzie (Mackenzie et al., 1982) concepì eccitanti o intriganti esperienze per un’escursione sulla configurazione geografica delle coste, come camminare attraverso aree litorali paludose dove gli studenti rimanevano bloccati e dovevano essere tirati fuori, o masticare foglie per enfatizzare che il terreno aumentava in salinità avvicinandosi al mare. Gli episodi che gli studenti vivevano servivano come ancore per l’informazione, cosicché mesi dopo erano in grado di ricordare fatti sulla geografia delle coste molto meglio di altri studenti che avevano partecipato ad una escursione più tradizionale.

In un importante studio longitudinale, Gustav Helldén scoprì studenti che ripetutamente ricordavano lo stesso episodio, per dieci anni, per spiegare certi fenomeni. (Helldén, 2005) Teorici e ricercatori dovrebbero prestare più attenzione al ruolo degli episodi nell’apprendimento scientifico.

*Quali osservazioni ha sulla qualità della preparazione e sul supporto in servizio dei professori di fisica? Si nasce buoni insegnanti o l’insegnare bene può essere insegnato?*

Con l’esser “nato buon insegnante”, la gente intende qualcuno che acqui-

sisce le abilità di base molto più velocemente che altri. Certamente, nessuno è davvero un buon insegnante alla nascita. È curioso, ma essere bravo ad insegnare già agli inizi non è necessariamente cosa buona. Il mio amico Svizzero, Andreas Dick, mi disse che giacché non ha avuto grosse difficoltà quando si stava impraticando per diventare insegnante, non ha apprezzato che c'erano ingegnose abilità e tecniche da imparare. Ha capito che se avesse avuto da lavorare sul suo modo d'insegnare, sarebbe stato più bravo a farlo qualche anno dopo. Sono certo che l'insegnare bene può essere imparato; che poi sia possibile insegnarlo è un altro discorso. Certamente alcuni espedienti e alcuni programmi sono più efficaci di altri nell'aiutare persone desiderose a diventare buoni insegnanti. Per esporre tutto questo servirebbe un libro, non una breve risposta in una intervista.

Dirò qui, tuttavia, che il maggior problema che forse pochi programmi di addestramento per la formazione degli insegnanti sembra aver risolto è l'integrazione della conoscenza del contenuto della materia con la didattica. In molte istituzioni, credo nella maggior parte, gli insegnanti acquisiscono il contenuto della materia da differenti gruppi di professori mentre non lo fanno per la didattica. Le Facoltà di Scienze e i dipartimenti di didattica non lavorano insieme di comune accordo. Far entrare in quattro anni o simili tutta la scienza e la pedagogia che un insegnante esordiente dovrebbe conoscere è difficile, se non impossibile. Allora una cosa che mi piacerebbe vedere in tutti i programmi è l'internato, in cui per i primi anni d'insegnamento ogni esordiente ha il supporto di un mentore interno alla scuola. Però i mentori devono essere bravi e per questo hanno bisogno di addestramento essi stessi nell'arte di fare da mentore. E ci dovrebbero essere frequenti opportunità per gli insegnanti di aggiornare ed estendere la loro conoscenza della materia. Se vogliamo avere buoni insegnanti, dobbiamo prendere più seriamente sia la formazione degli insegnanti che il loro sviluppo professionale continuo.

*Quali grandi idee della scienza devono imparare i nostri studenti?  
Qual'è il ruolo del problem solving nell'educazione?*

La grande idea è che la scienza è la più nobile delle discipline classiche. È il tentativo dell'umanità di dare un senso al mondo naturale con cui abbiamo esperienza. È il nostro ritratto del mondo. Uomini e donne l'hanno fatto e continuano a lavorarci. Di volta in volta dobbiamo rivederla, perché scienza non è un prodotto finito e mai lo sarà. La scienza è viva, non è una lingua morta.

Il problem solving è una maniera per promuovere questa idea. Tuttavia i problemi devono essere problemi reali. La scienza è problem solving, così un programma che non enfatizzi il problem solving non riguarda la scienza, indipendentemente dagli argomenti che include.



Alcuni argomenti illustrano bene il lato umano della scienza. L'evoluzione, la fisica atomica, l'energia, la radiazione elettromagnetica, molecole e reazioni chimiche, genetica e DNA sono alcuni esempi. E sarebbe un peccato se nei curriculum non si trovasse uno spazio per la storia del loro sviluppo.

*Qual è il futuro dell'educazione scientifica? Quanto è importante è la conoscenza pedagogica del contenuto?*

Non ho la certezza su cosa porti il futuro per l'educazione scientifica. Se mi avessero chiesto nel 1970 come sarebbe stata nel 2000, avrei avuto ragione nel prevedere che quello che accadeva nel complesso delle classi sarebbe rimasto pressoché lo stesso, ma non sarei stato in grado di prevedere gli spostamenti nella ricerca che elenco in una delle prossime risposte, qui sotto. Cosa mi piacerebbe vedere, contrariamente a ciò che penso accadrà, è molti più studi longitudinali a lungo termine, molti più confronti tra pratiche e risultati in paesi differenti (non mi riferisco a confronti internazionali su larga scala come il TIMSS<sup>4</sup>, ma ad altri perspicaci e molto più interessanti tipi di studi come ha fatto Svein Sjöberg). Ma questi spostamenti nella ricerca avranno un qualche effetto considerevole in quello che accade nelle classi? Una prospettiva pessimistica o cinica dice che non l'avranno, ma io vivo nella speranza e ho una convinzione più positiva. Perché? Perché i nuovi stili di ricerca sono molto più rilevanti per la vita complessa di una classe di quanto lo fossero i vecchi esperimenti psicologici portati avanti in un'ambientazione artificiale, e perché ora ci sono molti più professori attivi nella ricerca. La divisione tra ricercatori ed insegnanti è in larga parte saltata. Mi rincuorano progetti come il Project for Enhancing Effective Learning e il Cognitive Acceleration through Science Education (Progetto per favorire l'apprendimento efficace e l'accelerazione cognitiva attraverso l'educazione scientifica).

La conoscenza pedagogica del contenuto (PCK = Pedagogical Content Knowledge) è un'idea potente. Non è così facile, tuttavia, metterla in pratica sia per gli insegnanti che per i ricercatori. Mi piacerebbe vedere due cose: un compendio degli argomenti che elenchi molti esempi di PCK e una teoria del contenuto che permetta di classificare gli argomenti in una maniera che guidi il loro insegnamento. Ho fatto un primo passo sul secondo di questi aspetti in un capitolo di *The Content of Science*, il libro che Peter Fensham, Dick Gunstone ed io curammo nel 1994. Forse avrei dovuto sviluppare un po' di più quel capitolo.

*Che cosa può essere fatto per cambiare le concezioni sbagliate?*

È l'argomento a cui molti stanno lavorando. Identificare le concezioni sbagliate degli studenti è un primo passo. Escogitare dimostrazioni per met-

terle in discussione è un altro. Ma c'è di più, incluso l'impegnare gli studenti ad accettare il risultato della prova. Come insegnanti, continuamente modifichiamo i modi di pensare degli studenti. Ma è un processo lungo, non un qualcosa che possa accadere in un istante. Che cosa c'è di sbagliato nell'avere alcune idee sbagliate? Dipende se portano ad azioni che causano danni a te o ad altri. Ad esempio un'idea sbagliata che può risultare pericolosa se accettata da molti: "Il colore della pelle è collegato all'intelligenza". Questo ha portato ad azioni perversamente dannose. Il fallire nel comprendere il principio della conservazione dell'energia ha reso la gente vulnerabile a frodi di commercianti ambulanti che vendevano macchine del moto perpetuo – abbiamo avuto in Australia un politico che credeva che si potesse usare l'acqua come carburante nei veicoli a motori. Tutti noi abbiamo dei concetti sbagliati, che sono importanti perché formano il nostro modo di vedere il mondo, che sono poi quelli che ci portano più facilmente ad errori nell'agire.

*È possibile favorire la meta-cognizione?*

Certamente. (White et al., 1994) È ciò di cui tratta il Project for Enhancing Effective Learning. Ian Mitchell ebbe successo nel promuovere la meta-cognizione nella classe dove insegnava e Ian Macdonald ebbe successo nel suo tutoraggio esterno all'insegnamento scolastico. Anche senza conoscere la parola 'meta-cognizione', insegnanti eccezionali hanno istruito i loro studenti sulla meta-cognizione per secoli. Se non lo avessero fatto, il mondo avrebbe probabilmente ristagnato.

*Il progetto per 'Enhancing Effective Learning' (PEEL – promuovere l'apprendimento efficace) incominciò circa venti anni fa. Come valuta questa esperienza?*

Il PEEL è un fenomeno notevole. Coinvolge migliaia di insegnanti in centinaia di scuole che si aiutano a vicenda per far meglio il loro lavoro. Di fatto non ha ricevuto alcun supporto o riconoscimento da organi governativi, tuttavia è fiorito per diciannove anni e sembra che continuerà indefinitamente. Pochi movimenti didattici durano così a lungo. Attribuisco il suo successo a queste caratteristiche:

- è proprietà degli insegnanti che lo hanno sviluppato, non di accademici universitari.
- gli accademici universitari supportano gli insegnanti, con suggerimenti sui nuovi metodi, con risorse amministrative e con accesso ad una comunità più grande di insegnanti e studiosi di altri paesi.
- fornisce agli insegnanti un forum per discutere e disseminare le loro pratiche di insegnamento. Di solito, gli insegnanti nel passato non erano attivi nella pubblicazione delle loro idee e del loro lavoro; le pubblicazioni

del PEEL li hanno incoraggiati a scrivere, ed hanno ispirato altri insegnanti nel loro lavoro.

– dà agli insegnanti dei contatti professionali che permettono loro di uscire dall'isolamento della classe scolastica.

– fornisce agli insegnanti mezzi per ravvivare e diversificare il loro insegnamento, cosicché il loro lavoro è pieno d'interessi. La sperimentazione alleggerisce quello che è routine, ed introduce un ringiovanente elemento di rischio nel tran-tran quotidiano.

PEEL è l'evento più soddisfacente al quale io sia stato associato. Il mio contributo all'interno del progetto è piccolo, ma sento che giustifica la mia intera vita professionale. Come risultato, molti insegnanti hanno trovato una grande soddisfazione nel loro lavoro e molti dei loro studenti hanno imparato a studiare in modo indipendente.

*Quali sono i maggiori cambiamenti nello stile della ricerca che sono avvenuti negli ultimi trenta anni?*

Ho esposto i cambiamenti nello stile di ricerca nel mio capitolo sull'insegnamento scientifico nella quarta edizione dell'*Handbook of Research on Teaching* (White, 2001). Li riassumo:

a) Un incremento nelle descrizioni, contrapposte agli esperimenti (il lavoro sulle concezioni alternative è l'esempio più significativo). Trent'anni fa sulle riviste di ricerca non si sarebbe trovato alcun resoconto di quello che accadeva in classe, nessuna trascrizione degli interscambi tra insegnanti e allievi. Quasi tutti gli articoli confrontavano il successo in merito al rendimento in un esame di un tipo di insegnamento rispetto ad un altro e in molti casi i programmi di insegnamento erano brevi e artificiali.

b) Un declino nell'uso della statistica deduttiva. Negli esperimenti di trenta anni fa si comparavano spesso i voti di un gruppo con quelli di un altro e si voleva sapere se la differenza tra questi gruppi fosse reale o potesse essere il risultato di variazioni casuali nel campionamento. Allora si usavano indagini statistiche come l'analisi della varianza, chi-quadro, t-test e così via, per vedere se la differenza era 'statisticamente significativa'. Non c'era niente di sbagliato in questo, e mi piacerebbe vedere un maggior uso della statistica deduttiva oggi. Ma una delle nostre manchevolezze del passato fu che demmo più importanza al significato statistico che a quello educativo. Certo, la differenza tra i due gruppi era più di quello che sarebbe potuto accadere per caso, ma aveva una reale importanza? Spesso si può ottenere un rilievo statistico attraverso un campione sufficientemente grande, anche se la reale differenza tra i gruppi sia piccola.

c) Un aumento nella diversità delle misurazioni, con i test con carta e matita rimpiazzati o integrati da interviste, osservazioni di classe, annotazioni, ecc.. Bisognerebbe cercare a fondo per riuscire a trovare un qualche resoconto di

interviste nelle prime ricerche. Pensandoci ora, questo è piuttosto strano. Abbiamo trattato gli argomenti della nostra ricerca come se non avessero pensieri propri. Essi venivano in evidenza come risposte alle nostre domande. Erano come cavie di laboratorio: da accudire e monitorare le loro reazioni, ma non per aprirci una conversazione o liberi di fare commenti.

d) Un incremento nell'attenzione al contenuto come una variabile di grande importanza. Nella stragrande maggioranza degli esperimenti degli anni '70 e successivi, il contenuto è un veicolo, non una variabile. Per quel che riguardava l'esperimento, un qualsiasi contenuto era buono come un altro. La visita di Piaget negli Stati Uniti negli anni '70 stimolò la consapevolezza dell'importanza dei contenuti e fu precursore dell'interesse nelle concezioni alternative.

*Lei parla del bisogno di una teoria del contenuto. Potrebbe delineare alcuni aspetti salienti di questa teoria?*

Il contenuto non è omogeneo. Diverse forme di contenuto hanno bisogno di essere insegnate in maniere diverse. Una teoria del contenuto identificherebbe le dimensioni sulle quali il contenuto varia, e così dà una guida su come un qualsiasi particolare argomento potrebbe essere affrontato. Certamente vanno considerati anche altri vincoli: il tempo disponibile, la dimensione della classe, le risorse, il sistema di valutazione, le abilità e le motivazioni degli studenti, i rapporti tra insegnante e studenti e il repertorio di procedure dell'insegnante, ma la natura del contenuto ha importanza. In *The Content of Science* (White, 1994) ho elencato alcune dimensioni rilevanti: l'apertura all'esperienza comune, l'astrazione, la complessità, la presenza di modelli alternativi, la presenza di parole comuni, la miscela dei diversi tipi di conoscenza, il dimostrabile contrapposto all'arbitrario, l'accettazione sociale, l'estensione dei collegamenti ed il potere delle emozioni. Questo mi ha portato a delle previsioni, come la "discussione delle convinzioni degli studenti sarà vantaggiosa per argomenti che sono aperti all'esperienza e al concreto e dannosa per argomenti che sono chiusi all'esperienza e astratti." Altre previsioni di questo tipo fornirebbero un'utile guida all'insegnamento.

*Nella sua carriera ha avuto responsabilità amministrative. Quanto è difficile riconciliare la pratica educativa ideale con le 'limitazioni' delle restrizioni finanziarie e amministrative?*

In ogni aspetto della vita si lavora all'interno di limitazioni. Il trucco è non lasciare che le limitazioni diventino una scusa per lavorare con uno standard inferiore. Piuttosto, bisogna cercare delle maniere per superare le limitazioni. A volte è sorprendente quanto si riesce a realizzare con risorse limitate. Il progetto PEEL, per esempio, iniziò senza denaro; l'amministrazione scolastica aiutò con gli orari, ma nient'altro. Alla fine del

suo primo anno trovai un migliaio di dollari per portare gli insegnanti fuori dalla scuola per un giorno, di modo che potessero scrivere il loro resoconto sull'esperienza di cercare di rendere i propri studenti metacognitivi. Abbiamo ottenuto come ritorno un grande valore da quel migliaio di dollari. Nel mio caso, ho fatto alcune delle mie più efficaci lezioni in una scuola che aveva infrastrutture limitate. Bisogna ammettere, però, che restrizioni finanziarie ed amministrative possono svantaggiare l'insegnamento. Si veda una delle mie prossime risposte, nel seguito.

Non avevo cercato responsabilità amministrative superiori nell'Università, essendo felice come ricercatore e professore incaricato di insegnare, ma mi sentii obbligato a diventare Preside della Facoltà di Education a Monash quando ci fu bisogno di qualcuno che difendesse gli interessi della Facoltà. Avevo 58 anni a quel tempo. Se lo avessi fatto quand'ero più giovane, penso che l'incarico avrebbe inibito il mio lavoro di ricerca. Invece, ho mantenuto il mio programma e ho potuto scrivere articoli accademici, programmando gli incontri sui quali avevo il controllo in modo da iniziare non prima delle 11, cosicché potessi scrivere per un paio d'ore due o tre giorni alla settimana.

Su uno scenario più vasto, le restrizioni finanziarie indeboliscono la pratica. A Monash, nel programma di formazione per gli insegnanti avevamo gruppi di tutoraggio della dimensione da 15 a 18 persone; il supporto governativo per le università in Australia è diventato sempre meno generoso, così i tutoraggi sono ora arrivati a 30 studenti ciascuno. Come conseguenza, il programma risulta essere meno efficace e meno soddisfacente per gli studenti.

*Quali grandi idee sono state rese disponibili agli insegnanti di scienze dalla ricerca sulla didattica?*

Mi limiterò all'essenziale. La nozione dei concetti alternativi è un contributo fondamentale della ricerca all'insegnamento. Qualsiasi cosa si possa ora pensare, prima che i ricercatori cominciassero a scoprire le concezioni sbagliate negli anni '70, gli insegnanti non erano coscienti della loro esistenza. Ricordo che andavo con Audrey Champagne ad una scuola vicino alla Monash University per provare alcuni dei suoi test per verificare la comprensione concettuale della meccanica, e abbiamo notato lo stupore degli insegnanti per quello che i test rivelarono riguardo alle convinzioni dei loro studenti.

La ricerca su concetti alternativi portò in evidenza la nozione che gli studenti costruiscono i loro significati da quello che vedono, ascoltano e vivono; tener presente questo fatto è fondamentale per un buon insegnamento.

La ricerca sull'apprendimento per scoperta, sebbene spesso non ben proget-

tata, ebbe molta influenza sull'insegnamento delle scienze dagli anni 50 in poi. È forse il precursore del lavoro sulla meta-cognizione, che è un'idea potente per gli insegnanti.

Malgrado ci possa essere ancora un po' di strada da percorrere prima che abbia pieno effetto, l'investigazione del diverso trattamento tra ragazzi e ragazze nelle classi e l'idea associata dell'equità dei sessi sono importanti.

*È possibile elevare gli standard nella didattica? Se un politico le chiedesse un consiglio, quali raccomandazioni darebbe?*

Certamente possiamo migliorare gli standard. Tutto ritorna nelle mani degli insegnanti e ciò che per loro è possibile fare. Le condizioni devono essere tali che gli insegnanti possano svolgere il loro lavoro in maniera efficace. Darei i seguenti consigli:

- pagare di più gli insegnanti. I dirigenti delle imprese sono soliti dire, parlando della loro retribuzione, che quando la paga sono noccioline si motivano solo le scimmie. Perché questo non dovrebbe valere anche per gli insegnanti? Il salario è relazionato al proprio valore. Pagare di più gli insegnanti, di modo che essi si sentano valorizzati e obbligati a fare un lavoro eccelso.

- introdurre anni sabbatici per gli insegnanti. Lasciare loro sperimentare la vita oltre al lavoro in classe.

- tenere basso il numero di studenti per classe. Questo è assolutamente indispensabile.

- finanziare frequenti aggiornamenti in-servizio.

- dimenticare degli esami di massa, così amati nel presente. Distorcono la didattica e agiscono contro il buon livello di apprendimento che si vuole raggiungere.

- costruire scuole che forniscano ambienti che siano altrettanto attraenti per lavorarci come i grandi centri per gli affari.

- fermare la frammentazione della didattica, nella quale gli studenti delle elementari hanno un diverso maestro ogni anno e gli studenti delle scuole secondarie possono avere anche dieci diversi insegnanti alla settimana. Ho scritto al riguardo in due articoli, *Research, and the end of schools as we know them* (White, 1984) e *Questionable assumptions underlying secondary education* (White, 1988 b), che però non hanno avuto la considerazione sperata. Se si vuole che gli studenti imparino bene, allora devono conoscere i loro insegnanti e gli insegnanti devono conoscere i loro studenti. So quello che sto dicendo, per mia stessa esperienza – una volta ho insegnato agli stessi studenti per cinque anni di seguito, ed è stato il periodo più gratificante che abbia avuto come insegnante, sia per me che per i miei studenti.

So che la maggior parte di queste raccomandazioni costano soldi. Ma ora si

stanno spendendo somme enormi nella scuola. Per un 5% in più, si otterrebbe come ritorno un 100% di miglioramento. Non è un buon affare? E se non si riescono a trovare i soldi per cambiare l'intero sistema in una volta, perché non iniziare da una o due scuole e vedere i risultati? Saranno sorprendenti. Forse un giorno un politico mi porrà questa domanda.

### Ringraziamenti

Ringrazio Richard J. Shavelson della Stanford University, Stanford, CA, per i consigli e i suggerimenti ricevuti per migliorare le domande per questa intervista.

### Note del traduttore

<sup>1</sup> PSSC, Physical Science Study Committee.

<sup>2</sup> Peter J. Fensham, Professore emerito, chimico accademico e già Preside della Faculty of Education alla Monash University. È universalmente conosciuto come uno dei grandi nomi di didattica della chimica e delle scienze. Membro del gruppo di esperti dello studio PISA (Programme for International Student Assessment). È anche professore aggiunto della School of Mathematics and Science Education della Queensland University of Technology di Brisbane.

<sup>3</sup> AERA, American Educational Research Association.

<sup>4</sup> TIMSS, Trends in International Mathematics and Science Study, già Third International Mathematics and Science Study.

### Bibliografia

- R. M. Gagné, R. T. White, Memory structures and learning outcomes. *Review of Educational Research*, 1978, **48**, 187-222, p. 194-196.

- J. E. Gordon, *The new science of strong materials*, 2nd ed., Harmondsworth, UK: Penguin, 1976. 'Una volta che uno ha visto il movimento Browniano la sua comprensione della *natura* del calore non sarà più la stessa. Non è che quella persona possa dire di aver imparato qualcosa in maniera scientifica e obiettiva, ma piuttosto che è arrivato a relazionarsi con la teoria cinetica del calore ad un livello soggettivo. È la differenza che c'è tra la descrizione di un tramonto e il vederne uno.'

- G. Helldén, Exploring understandings and responses to science: A program of longitudinal studies. *Research in Science Education*, 2005, **35**, 99-122.

- A. A. Mackenzie, R. T. White, Fieldwork in geography and long term memory structures. *American Education Research Journal*, 1982, **19**, 623-632.

- M. Watts, Constructivism, re-constructivism and task-oriented problem-solving. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone, R. T. White (Eds.), *The content of science: A constructivistic approach to its teaching and learning*. London: The Falmer Press, 1994, pp. 39-58.

- R. T. White, R. M. Clarke, A test of inclusion which allows for errors of measurement, *Psychometrika*, 1973, **38**, 77-86.

- R. T. White, Research into learning hierarchies, *Review of Educational Research*, 1973 a, 43, 361-375.
- R. T. White, A limit to the application of learning hierarchies, *Australian Journal of Education*, 1973 b, 17, 153-156.
- R. T. White, The validation of a learning hierarchy, *American Educational Research Journal*, 1974 a, 11, 121-136.
- R. T. White, A model for validation of learning hierarchies, *Journal of Research in Science Teaching*, 1974 b, 11, 1-3.
- R. T. White, Comment on the laboratory-investigative approach to science instruction, *Journal of Research in Science Teaching*, 1980, 17, 359-360.
- R. T. White, Research, and the end of schools as we know them, *Australian Journal of Education*, 1984, 28, 3-16.
- R. T. White, *Learning science*, Oxford, UK: Blackwell, 1988 a.
- R. T. White, Questionable assumptions underlying secondary school classrooms, *Australian Journal of Education*, 1988 b, 32, 311-330.
- R. T. White, R. F. Gunstone, *Probing understanding*, London: The Falmer Press, 1992.
- R. T. White, Raising the quality of learning: Principles from long-term action research. In F. K. Oser, A. Dick, J.-L. Patry (Eds.), *Effective and responsible teaching. The new synthesis*, San Francisco: Jossey-Bass, San Francisco: Jossey-Bass, 1992, pp. 50-65.
- R. T. White, I. J. Mitchell, Metacognition and the quality of learning, *Studies in Science Education*, 1994, 23, 21-37.
- R. T. White, Dimension of Content. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone, R. T. White (Eds.), *The content of science: A constructivistic approach to its teaching and learning*, London: The Falmer Press, 1994, pp. 255-262.
- R. T. White, The revolution in research on science teaching. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 4th Ed. New York: Macmillan, 2001, pp. 457-471.

Traduzione a cura dell'autore dell'intervista, autorizzata dall'Editore del *Journal of Science Education*, 2006, 7 (1), 51-55. Pubblicata in precedenza su *IS Informatica & Scuola*, 2006, 14 (2), 4-8.



## Le dodici pietre: il crisolito

Pasquale Fetto  
pasquale.fetto@didichim.org

### **Riassunto**

*Le pietre preziose hanno sempre rivestito un enorme fascino tra le popolazioni di ogni epoca. La loro bellezza e la loro luminosità hanno il potere di incantare chi le ammira.*

*Esempi di questa attrazione, certamente legata al simbolismo, non prescindono dalle virtù terapeutiche e dal mistero ad esse attribuite fin dall'antichità.*

*Il lavoro si articola in più parti ognuna delle quali prende in esame e approfondisce la storia, il simbolismo, gli aspetti merceologici, mineralogici e le proprietà chimiche e "terapeutiche" delle pietre incastonate nel Pettorale del Giudizio.*

**Parole chiave:** Crisolito, olivina, peridoto, neo silicati, pettorale del giudizio, Zabargad.

### **Abstract**

*The precious stones have always played a huge fascination among people of every age. Their beauty and their brightness have the power to enchant those who admire them.*

*Examples of this attraction, certainly linked to the symbolism, not by virtue prescind therapeutic and mystery attributed to them since ancient times.*

*The work is divided into several parts, each of which examines and discusses the history, symbolism, aspects commodity, mineralogical and chemical and "therapeutic" properties of stones set in the Breastplate of Judgment.*

**Parole chiave:** Chrysolite, olivine, peridot, silicates, Breastplate of judgment, Zabargad.

### **Premessa importante**

Per completezza di informazioni ricordo che è possibile far confusione tra il criso-**lito** e il criso-**tilo**, entrambi termini composti che differiscono per il significato del secondo elemento: (lito = pietra, e tilo=fibra o pelo).

Il Crisotilo detto anche "*fibra d'oro*" o *amianto bianco*, è la varietà fibrosa del serpentino, un silicato idrato di magnesio avente approssimativamente la seguente formula chimica:  $[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]$ .

Il Crisolito si trova in piccole vene all'interno di rocce derivanti dall'alterazione in profondità di ultrabasiti di tipo peridotitico (costituite da olivine e pirosseni) e dunitico (essenzialmente olivine). È un minerale appartenente alla classe dei silicati, sottoclasse fillosilicati. È uno dei minerali del gruppo dell'amianto. Molto ricercato per via delle sue proprietà fibrose, di incombustibilità e di bassa conducibilità termica, ha però, come è noto, gravi conseguenze sull'organismo umano proprio per via della sua natura fibrosa.

### **Storia e mito del Crisolito**

**Crisòlito**, minerale il cui nome deriva dal latino *chrysolithus*, in greco χρυσόλιθος è un nome composto da χρυσός «oro» e λίθος «pietra».

Il "*peridoto*" ed è da considerare un sinonimo del crisolito. L'etimologia che probabilmente fa derivare il nome dall'arabo *faridat* (gemma) ha certamente generato una certa confusione facendo credere che ci si trovava di fronte ad un'altra gemma. Un'altra tradizione lo fa derivare dal middle english "peridote" (punto luminoso, bottone).

Il nome proviene dalla presenza delle sue macchie dorate, ma forse anche perché era considerata preziosa come l'oro. Il suo aspetto delicato ha reso il peridoto una gemma molto amata e con una tradizione storica e mitica affascinante. È una bella pietra che non riceve le attenzioni che meriterebbe.

Pietra preziosa di colore verde scuro con sfumature di giallo. Il crisolito era conosciuto con il nome "topazio" attribuitogli da Plinio il Vecchio [1].

Nella Bibbia viene menzionata come pietra presente nel muro della nuova Gerusalemme mentre gli Egizi la utilizzavano come pietra decorativa.

Il crisolito è menzionato da Torquato Tasso nella Gerusalemme Liberata. [2] (Appendice)

Il nome crisolito significa "pietra d'oro". È vero che la pietra è piuttosto verde, ma se la si guarda contro una luce molto chiara sembra quasi dorata. Il crisolito viene anche chiamato olivina; l'etimologia del nome Peridoto ha generato una certa confusione: probabilmente deriva dalla parola araba "*faridat*" (gemma), ma un'altra tradizione lo fa derivare dal middle english "*peridote*" (punto luminoso, bottone).

Chiamato anche "pietra dei cavalieri", perché sarebbero stati i crociati a riportare il peridoto da est verso l'Europa dove è servito ad arricchire gli oggetti religiosi, prima di essere apprezzato in seguito come un gioiello. Nel Medioevo fu usato per scopi religiosi.

I colori del peridoto comprendono le diverse tonalità del verde, anche se gli esemplari più ricercati e richiesti sono quelli che presentano un verde intenso. Le pietre di piccole dimensioni, possono essere *eye-clean* cioè presentano sempre inclusioni visibili ad occhio nudo.

I giacimenti sono abbastanza numerosi, ma solo in pochi si estraggono

cristalli di grandi dimensioni e qualità (meno di cinquanta in tutto il mondo). Le più belle pietre provengono dai giacimenti della Birmania, ma anche della Norvegia, Russia (Urali, la penisola di Kola), Sud Africa, Kenya, Tanzania, Australia (Queensland), Brasile (Minas Gerais), Stati Uniti (Arizona), Messico, Sri Lanka, Cina, Afghanistan.

Gli esemplari di peridoto più belli vengono estratti nella regione di Suppatt nei pressi delle montagne dell'Himalaya nel nord ovest del Kashmir pakistano. Il celebre Peridoto Kashmir ha un colore più bello e maggiori dimensioni con un grado di purezza più elevato. Purtroppo l'offerta è molto limitata a causa dei rigidi inverni che rendono possibile l'estrazione solo nei mesi tra giugno e settembre.

Nell'antichità il crisolito si estraeva dalle miniere dell'isola vulcanica di Zerbiget o Zabargad il cui nome deriva dall'arabo Zebirjed, ed indica certamente il peridoto; questo nome fu il nome con cui gli egiziani chiamarono Zabargad. Fu successivamente chiamata Topazios dai greci, e poi St. John's Island dopo l'apertura del canale di Suez. (Figura 1)



**Figura 1.** Mappa della zona del Mar Rosso in cui è visibile l'isola di Zabargad

La storia di questa isola, situata a sud est dell' Egitto, nel Mar Rosso, è stata da sempre legata alla presenza del crisolito, gemma verde simile allo smeraldo. Lo sfruttamento da parte dei faraoni della XVIII dinastia era in uso già nel 1500 a.C. e le miniere dell'isola fornivano il miglior crisolito del mondo.

Cristalli di peridoto sono stati ritrovati negli scavi archeologici di Alessandria d'Egitto, mentre esemplari tagliati vengono fatti risalire all' Antica Grecia.

Il futuro dell'isola fu segnato dalla presenza di una pietra tanto ricercata divenendo una delle zone più controllate del mondo antico. Come diremo oggi "*forbidden territory*" e come scrisse nel I secolo a.C. lo storico greco Diodoro Siculo<sup>1</sup>: “Gli egiziani tenevano l'isola sotto uno strettissimo controllo e chiunque provava ad avvicinarsi ai tesori dell'isola, senza autorizzazione o solo tentava di approdarvi e sottrarre dei crisoliti, era minacciato di morte.”

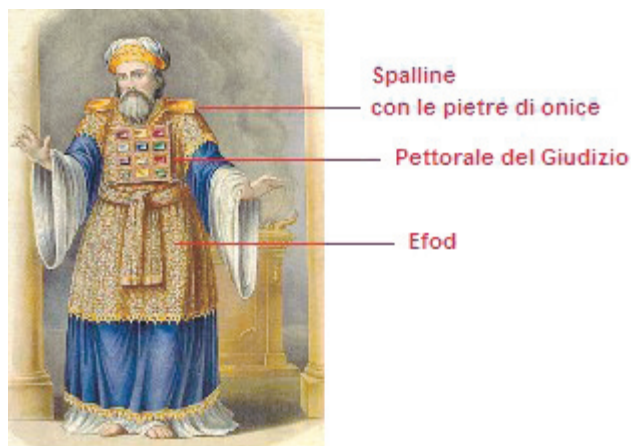
L'estrazione veniva effettuata di notte perché secondo la leggenda il crisolito non poteva essere facilmente visto di giorno. "*Le guardie dell'isola osservano, e marcano il luogo e dopo uscito il sole vanno a prendere la gemma che consegnano a quei che hanno l'arte di pulirla.*" [3]

L'isola fu dimenticata, "riscoperta" da parte di pirati, ancora dimenticata e ancora ritornata di attualità nel 1900, fu poi di nuovo abbandonata.

### **Simbolismo religioso**

Durante le persecuzioni le gemme furono usate dai primi cristiani come simboli dell'agnello e del pesce; in seguito le gemme furono usate nelle decorazioni degli oggetti di culto (calici, croci, ecc.).

Nel capitolo 39 dell'Esodo, nella Bibbia, troviamo la descrizione del *Pettorale del giudizio o Razionale* per il gran sacerdote Aronne. (Figura 2)



**Figura 2.** "Sommo Sacerdote" ebraico con il Pettorale del Giudizio.<sup>2</sup>

1. Storico autore di una monumentale storia universale la *Bibliotheca Historica*. L'immenso lavoro di Diodoro non è sopravvissuto intatto: abbiamo i primi cinque libri e libri dall'XI al XX. Il resto esiste solo in frammenti conservati da Finzio I patriarca di Costantinopoli (820 – 893) e Costantino VII (905 – 959) imperatore Bizantino.

2. Disegno tratto da: *The history of costume* di Braun & Schneider" pubblicata negli anni 1861-1880.

*"Prenderai poi due pietre di Onice e vi scolpirai i nomi dei figli di Israele... Farai inoltre il Pettorale del giudizio, lavorato a ricamo, alla maniera dell'Efod<sup>3</sup>: di oro violaceo, di porpora, di scarlatto e di lino fine ritorto, di forma quadrata, e doppio lungo un palmo, e largo un palmo; vi fisserai sopra, in castoni, quattro file di pietre; nella prima fila: un Sardonio, un Topazio e uno Smeraldo; nella seconda: un Rubino, uno Zaffiro e un Berillo; nella terza: un Giacinto, un'Agata e un'Ametista; nella quarta: un Crisolito, un Onice e un Diaspro. Tutte queste pietre siano fissate nei loro castoni d'oro".*

Nel *Talmud* babilonese, ritenuto il testo classico dell'ebraismo secondo solo alla Bibbia, si sostiene che ciascuna delle tessiture era composta da sei fili con un settimo in foglia d'oro, con un intreccio totale di 28 fili.

Sembra che il Pettorale del Giudizio fosse lo strumento mediante il quale si interrogava la volontà di Dio. Durante questo rito si illuminavano le pietre che rappresentavano le lettere dell'alfabeto con le quali erano scritti i nomi delle tribù, in modo tale da dare una risposta.

Tra i paramenti del sommo sacerdote compare un qualcosa di misterioso, che va sotto il nome di urim e tummim.

Gli Urim e i Tummim etimologicamente sembra significhino "luce e integrità". Sono due pietre di varia forma e colore da cui il sommo sacerdote con il divino aiuto traeva le risposte da comunicare per il bene del suo popolo. [4]

Il crisolito è la prima pietra della quarta fila del Pettorale del Giudizio (Tabella 1).

**Tabella 1.** Rappresentazione del pettorale del sommo sacerdote in cui sono indicate le pietre e le corrispondenti tribù israelitiche

Cornalina (Sardonio) <b>Levi</b>	Topazio <b>Simeone</b>	Smeraldo <b>Ruben</b>
Turchese <b>Nephtali</b>	Zaffiro <b>Dan</b>	Berillo <b>Giuda</b>
Giacinto <b>Isacco</b>	Agata <b>Asher</b>	Ametista <b>Gad</b>
Crisolito <b>Beniamino</b>	Onice <b>Giuseppe</b>	Diaspro <b>Zabulo</b>

3. L'efod era, una specie di gonnella, intessuto di fili d'oro e ricamato con un'artistica intessitura in filo d'oro; era tenuto fermo con una cintura e aveva due spalline fissate con anelli d'oro a cui era attaccato con catene d'oro (figura2).

### **Una premessa fondamentale**

*La **crystaloterapia** è una pratica di medicina alternativa, che si prefiggerebbe di eliminare disfunzioni o malesseri mediante la collocazione di minerali su determinati punti del corpo.*

*Le pratiche descritte non sono accettate dalla medicina, non sono state sottoposte a verifiche sperimentali condotte con metodo scientifico o non le hanno superate.*

*Le informazioni storiche hanno solo fine illustrativo.*

### **Virtù terapeutiche**

Spesso il grande valore di questa pietra non deriva soltanto dalla sua rarità, bensì anche dalle forze curative e dall'efficacia protettiva.

Il Peridoto è trasparente, vetroso, ed il suo colore può variare, come detto in precedenza, dal verde-bottiglia al giallo-verde.

Le sue virtù terapeutiche erano conosciute ai tempi degli antichi Egizi, degli Aztechi e degli Incas.

I Greci ed i Romani lo utilizzavano come amuleto protettore dagli spiriti maligni.

Posto sull'ombelico ne affievolisce le tensioni, riducendo gli impulsi emotivi ed alleviando il nervosismo creando la sensazione di rilassamento ed abbandono.

I greci apprezzavano molto questa gemma alla quale veniva riconosciuta la curiosa proprietà di accrescere il buon senso.

Marbodius di Rennes (1035-1123) scrisse, nel suo compendio mitologico "*Liber de Lanelle loro lapidibus*", che il peridoto, per essere usato come protezione dagli spiriti maligni, sarebbe dovuto essere prima forato, poi infilato con un pelo d'asino e infine appeso al braccio sinistro.

Incastonato in un anello d'oro portato alla mano sinistra, potrebbe scacciare la malinconia e anche la follia, e, secondo alcune leggende, scaccerebbe anche demoni e fantasmi.

Il Peridoto era una gemma amata anche dai Pirati, in quanto in grado di allontanare gli spiriti malvagi e la paura del buio.

Tonifica l'intero organismo rendendolo più vigoroso e più sano; allontana la malinconia, i timori, le depressioni e sensi di colpa; è in grado di mitigare sentimenti negativi quali la collera e la gelosia. Stimola la mente e rigenera il corpo.

Al peridoto viene attribuito un potere disintossicante, purifica il sangue e cura tutte le affezioni, infiammazioni e disfunzioni del fegato e della milza, combatte la costipazione e le infiammazioni dell'intestino, cura e fortifica le ghiandole surrenali, i reni e gli organi sessuali. E' ritenuto utile per curare molti problemi della pelle (es.: eczema, herpes, orticaria, acne, allergie, eruzioni cutanee, pruriti e psoriasi).

Aumenta la chiarezza e la pazienza. Il Peridoto è rivitalizzante, in quanto si rivela un potente trasformatore cellulare - quindi anche una pietra anti-invecchiamento.

Il crisolito è un antidoto a tutti i malanni degli occhi [5].

In molti testi magici medievali gli si attribuiscono forti poteri nella magia d'Amore, era il simbolo del piacere sessuale della gioia di vivere e della fedeltà.

Gli Aztechi usavano questa pietra per farne lame affilatissime nei coltelli cerimoniali.

Rudolf Steiner <sup>4</sup>, nei suoi trattati di medicina antroposofica, afferma che il *Peridoto* migliora la "vista", sia fisica, che eterica.

Alberto Magno <sup>5</sup> dice che preserva dalla pazzia; in altri lapidari si sostiene che suscita il pentimento [6].

A livello psicologico aiuta ad affrontare e superare i problemi legati ai sensi di colpa, permettendoci di valutare e ponderare bene le scelte effettuate e tutti i possibili risvolti.

Guarisce anche dalla balbuzie e dai difetti di pronuncia (r moscia, s sibilante, d palatale).

Secondo Hildegard von Bingen il crisolito fornisce lo sviluppo e cura i disturbi cardiaci, anche in senso figurato.

Si riteneva che potesse evitare le crisi, gli incidenti e potesse aiutare a produrre miglioramenti nelle malattie croniche.

Simboleggia l'imprevisto favorevole, le sorprese positive; veniva usata contro gli attacchi dei ladri nei viaggi in carrozza.

Si riteneva che il peridoto potesse agevolare le amicizie, liberare lo spirito dall'invidia e sviluppare l'eloquenza.

## La Chimica

Per il riconoscimento del crisolito è importante individuare la roccia su cui l'olivina, varietà peridoto, viene rinvenuta, una volta tagliato il peridoto può essere confuso (ad occhio nudo) con crisoberillo, zircone, grossularia e tormalina.

Il crisolito è considerata una gemma nata dal fuoco , piccoli cristalli di

---

4. Rudolf Joseph Lorenz Steiner (1861-1925) filosofo, pedagogista, esoterista, artista e riformista sociale austriaco. È il fondatore dell'antroposofia, di una particolare corrente pedagogica (la pedagogia Waldorf), di un tipo di medicina (la medicina antroposofica o steineriana) oltre che l'ispiratore dell'agricoltura biodinamica, di uno stile architettonico e di uno pittorico. Si è occupato inoltre di filosofia, sociologia, antropologia e musicologia.

5. Alberto Magno (1206-1280) filosofo e teologo del Medioevo i suoi scritti si sono basati sulle informazioni disponibili ai suoi tempi ed in particolare quelle presenti negli scritti di Aristotele.

peridoto spesso si trovano nelle rocce vulcaniche e spesso sono anche una componente di alcuni meteoriti (pallasiti).

L'olivina e la sua varietà gemma, il peridoto, hanno circa l'80% di magnesio e il 20% di ferro.

L'olivina molto abbondante nella crosta terrestre, contiene ossido di magnesio, ossido di ferro e silicio (Tabella 1). La sua formula generale è  $(Mg_{1-x}Fe_x)_2 SiO_4$ , con un contenuto di ferro (x) che può variare a seconda della sua provenienza, ma resta praticamente vicino a 0,1 per la maggior parte delle olivine.

Cristallizza nel sistema ortorombico, appartiene alla famiglia dei silicati con formula  $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$  silicato di magnesio e di ferro.

**Tabella 1.** Composizione chimica tipica di un minerale di olivina. (Rapagnà, 2000)

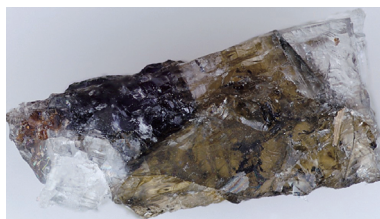
Componente	% wt (*)
MgO	48,5 – 50
SiO <sub>2</sub>	41,5 – 42,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,8 – 7,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4 – 0,5
NiO	0,3 – 0,35
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2 – 0,3
MnO	0,05 – 0,10
(*) percentuale in peso	

Olivina può essere considerata una miscela isomorfa di *forsterite* ( $Mg_2SiO_4$ ), e di *fayalite* ( $Fe_2SiO_4$ ). La *tefroite*  $Mn_2(SiO_4)$  come altri minerali, appartenenti al gruppo delle Olivine sono facilmente miscibili in tutte le proporzioni con la fayalite.

I due silicati *forsterite* e *fayalite* cristallizzano entrambi nel sistema rombico con angoli molto vicini e proprietà fisiche analoghe.



Fosterite del Kshmir



Fayalite del Pakistan





Tefroite del Sud Africa

In natura sono presenti frequentemente, più che i singoli composti puri, le miscele dei due composti in forma di cristalli omogenei con proprietà intermedie tra i due minerali e in proporzioni molto variabili. Queste miscele, che non hanno una composizione semplice, fanno parte del Gruppo delle Olivine.

I cristalli di miscela sono detti *cristalli misti*, rappresentano quindi miscele molecolari omogenee che sono delle vere e proprie soluzioni solide. Gli atomi di ferro e di magnesio che nei vari tipi di olivine si sostituiscono l'un l'altro, isomorficamente<sup>6</sup>, sono detti elementi *isomorfogeni* o *vicarianti*.

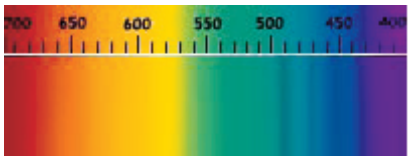
Questo materiale, si trova principalmente in rocce ignee. Il suo alto punto di fusione (compreso tra i 1205 °C per la fayalite e 1890 °C per la forsterite) fa dell'olivina ricca in Mg un materiale refrattario utilizzato nell'industria ceramica e metallurgica. L'olivina ha una elevata durezza, paragonabile a quella di silice (Tabella 2), che fornisce una buona resistenza all'abrasione.

**Tabella 2.** Durezza di differenti materiali. (CRC Handbook of Chemistry and Physics, 2000)

materiale	formula chimica	durezza (Mohs)
dolomite	$\text{CaMg}(\text{CO}_2)_2$	3,5
olivina	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	6,5 – 7
quarzo	$\text{SiO}_2$	7
carburo di silicio	$\text{SiC}$	9,3
diamante	C	10

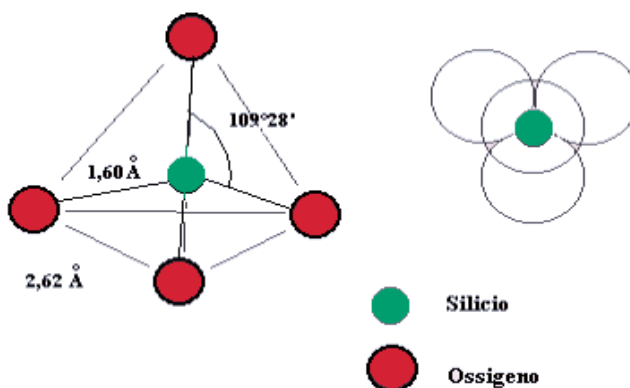
6. In cristallografia l'isomorfismo è il fenomeno che si verifica quando due o più sostanze, avendo proprietà fisiche e chimiche analoghe, cristallizzano con simile struttura.

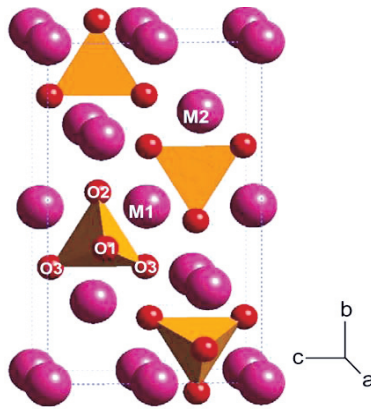
**Tabella 3.** Proprietà e caratteristiche chimico fisiche del Crisolito

Proprietà Fisiche	Caratteristiche Chimiche
Trasparente, indice di rifrazione: 1.648 - 1.705 Birifrangenza: 0.032 Netta biasse positiva Sdoppiamento: si Dispersione: 0.020 (0.012) Pleocroismo: molto debole Numero di colori: 3, da incolore a verde pallido, verde oliva Spettro di assorbimento: 497 - 495 - 493 - 473 - 453	$(\text{Mg, Fe})_2 [\text{SiO}_4]$ Silicato di magnesio e ferro
	<b>Caratteristiche Fisiche</b> Colore principale: verde Altri colori: giallo, da verde tiglio molto chiaro a verde oliva scuro, a volte marrone Colore della polvere: bianco Lucentezza: vetroso, grasso Durezza: 6.5 a 7.0 Densità: 3.27 a 3.48 Sfaldatura: imperfetta con sfaldamento difficili e in una direzione Frattura: concoide

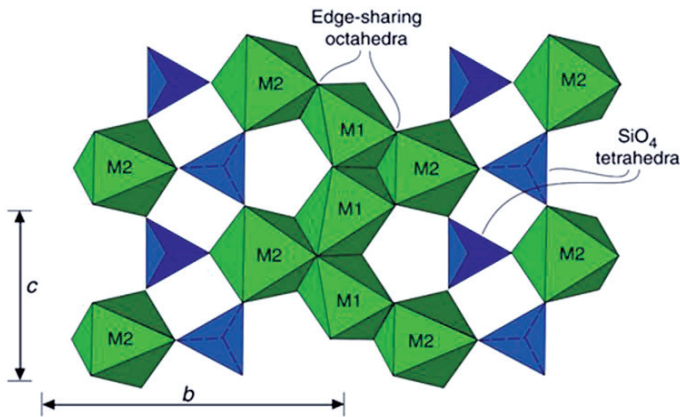
**Struttura cristallina[7]**

Il tetraedro  $[\text{SiO}_4]^{-4}$  è la struttura cristallina di base dei silicati. Gli ossigeni sono esclusivamente legati a metalli diversi dal silicio e i tetraedri non sono collegati tra loro direttamente ma da atomi che sono dei ponti fra i vertici degli stessi tetraedri. I reticoli cristallini di questi minerali presentano molto spazio per i metalli ed hanno il più basso rapporto  $\text{SiO}_4/\text{metalli}$ , quindi, non essendovi atomi di ossigeno in comune fra i tetraedri, il rapporto numerico è  $\text{Si}:\text{O} = 1:4$ . (Figura 3)

**Figura 3.** Tetraedro: Struttura cristallina di base dei silicati. [8]



**Figura 4** Sistema ortorombico caratteristico dell'olivina. La struttura ideale, mostrata in figura, ha gli atomi di ossigeno posizionati in una struttura esagonale compatta.



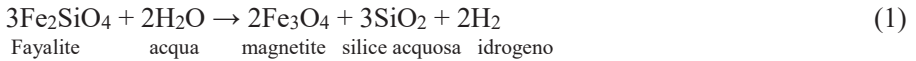
**Figura 5** Struttura cristallina dell'olivina. I siti distinti cristallograficamente M1 e M2 sono occupati dai cationi. M1 occupa il più piccolo mentre M2 occupa il più voluminoso.

Il peridoto fa parte di una serie di minerali che sono dei silicati di magnesio e di ferro, i cui estremi sono: la forsterite, un silicato di magnesio e senza ferro, a volte chiamata **peridoto bianco**, perché spesso incolore o leggermente colorata, e la fayalite che è la varietà con il ferro (il suo indice di rifrazione può raggiungere 1,77).

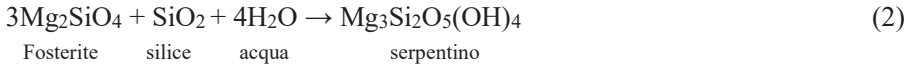
Alcuni campioni di peridoto extraterrestre sono stati trasformati in gemme! Il peridoto è la gemma del minerale olivina. Poiché è il ferro, parte integrante della struttura, che determina il colore, la varietà fayalite si trova solo in verde ma, varia da verde giallino a verde bottiglia se esposta alla luce estiva.

Per alcune pietre preziose il cambiamento drastico di temperatura potrebbe causare dei danni, è questo il caso del peridoto che appartiene a questo gruppo e quindi non bisognerebbe esporlo a shock termici.

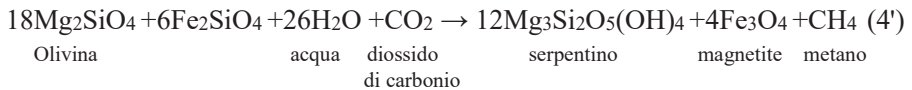
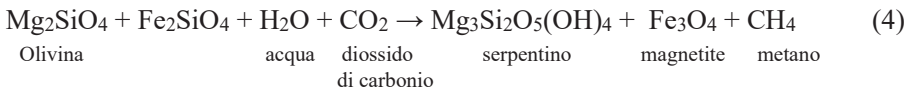
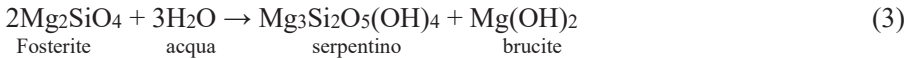
### Reazione di serpentinizzazione con scambio tra silice e fayalite



### Reazione di serpentinizzazione con scambio tra silice e fosterite



### Reazione di idratazione



Le reazioni di serpentinizzazione (1) e (2) sono fortemente esotermiche.

La reazione (3) di idratazione dell'olivina con acqua solo per produrre serpentino e brucite. Il serpentino è stabile a pH alto in presenza di brucite solo come fasi di silicato idrato di calcio che si formano con la portlandite diidrossido di calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  nel cemento.

La reazione (4) è favorita dalla presenza di un serpentino povero di magnesio o se l'anidrite carbonica non è sufficiente per favorire la formazione di talco.

La reazione (5) è favorita in composizioni ricche di magnesio e bassa pressione parziale di anidride carbonica.

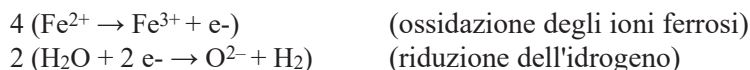
### Reazioni di ossidazione della Fayalite

In assenza di ossigeno atmosferico (in profondità), gli ioni ferrosi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) presenti nel reticolo cristallino della fayalite, per opera dei protoni ( $\text{H}^+$ ) dell'acqua, producono idrogeno.

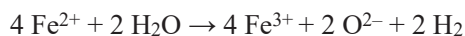
Considerando tre unità della fayalite  $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$  per evidenziare la stechiometria ed il bilancio della massa della formula, quattro ioni ferrosi

vengono ossidati dai protoni dell'acqua mentre i due rimanenti rimangono non ossidati.

Trascurando gli anioni ortosilicato non coinvolti nel processo di ossidoriduzione, è possibile scrivere schematicamente due semi reazioni:

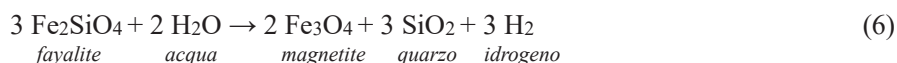


l'ossidoriduzione totale che comporta l'ossidazione degli ioni ferrosi da parte dell'acqua:



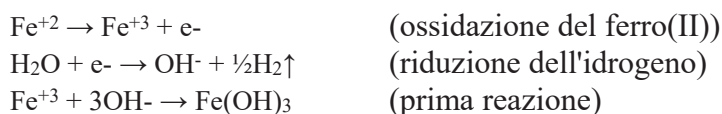
Gli ioni ferrosi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) non ossidati, ancora disponibili nelle tre unità di fayalite, si combinano con i cationi ferrici ( $\text{Fe}^{3+}$ ) e gli anioni di ossigeno ( $\text{O}^{2-}$ ) per formare quattro unità di magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Considerando i debiti riarrangiamenti degli anioni ortosilicato in silice libera ( $\text{SiO}_2$ ) e gli anioni liberi di ossigeno ( $\text{O}^{2-}$ ), è possibile scrivere la reazione completa dell'ossidazione anaerobica e l'idrolisi della fayalite in accordo con il seguente bilancio della massa:

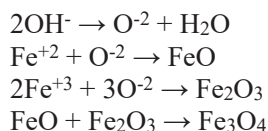


La reazione (6) è molto simile alla reazione di Schikorr in cui l'idrossido ferroso, in ambiente anaerobico, viene convertito in magnetite utilizzando l'idrogeno contenuto nell'acqua che riducendosi si separa dall'ossigeno divenendo gassoso.

Di seguito viene illustrato il meccanismo di reazione



Si aggiunge quindi dell'altro idrossido di ferro(II), in rapporto di 1 mole ogni 2 moli di ferro(III):



La reazione globale si può riassumere in:



E si può scrivere nella formula chiamata *reazione di Schikorr* come<sup>7</sup>:



Il termine crisolito, seguito da specifiche qualificative, identifica una ampia varietà di pietre preziose (Tabella4).

**Tabella 4.** Varietà in commercio non corrispondenti al crisolito

<b>Denominazione non appropriate usate in commercio</b>	<b>Denominazione Scientifica</b>
crisolito orientale	Crisoberillo verde tendente al giallo
crisolito acquamarina	Berillo giallo-verdolino
crisolito d'acqua	Moldavite
Crisolito di Boemia	Moldavite
crisolito falso	Moldavite Artificiale
crisolito del Capo	Prehnite verde
crisolito del Brasile	Tormalina verde smeraldo.
crisolito di Ceylon	Tormalina giallo-verdolino
crisolito di Sassonia	Topazio giallo-verde
crisolito siberiano	granato
crisolito degli Urali	granato

7. Reazione studiata per la prima volta da Gerhard Schikorr negli anni tra il 1928 ed il 1933

## Appendice

Nella Tabella sono riportati la 30 e 31 ottava del 20 canto della Gerusalemme riformata o conquistata [2]

<p><i>Quivi è l'iaspe, il cui splendor rinverde;    30</i>  <i>E 'l ceruleo zaffiro il ciel simiglia;</i>  <i>E 'l calcidonio impallidisce e perde,</i>  <i>Qual lume suol ch'a leve umor s'appiglia.</i>  <i>Vince il lieto smeraldo il più bel verde,</i>  <i>E 'l sardio sparge ancor luce vermiglia;</i>  <i>Ma sol di sangue ei si colora e tinge;</i>  <i>Seco il sardonio i tre colo dipinge.</i></p>	<p><i>Raggi d'or vibra, e d'or vaghe faville,    31</i>  <i>Il crisolito; e v'è il berillo ancora:</i>  <i>E tutte avanza al Sol chiare e tranquille</i>  <i>Gemme il topazio, e 'l suo cilestro indora:</i>  <i>E 'l suo bel verde pur d'aurate stille</i>  <i>Asperge il crisopasso, e quasi irrorra:</i>  <i>Sembra il giacinto l'aria; e l'ametisto</i>  <i>Come di rosa e viola è misto.</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Bibliografia

- [1] <http://www.dizionario.org/d/?pageurl=crisolito>
- [2] Carrer Luigi. *La Gerusalemme Liberata e la Conquistata: riscontri e considerazioni* gogle.it. Padova coi tipi della Minerva 1828
- [3] Corsi Faustino. *Delle pietre antiche trattato*; Seconda Edizione, pagg. 277-280 Tipografia Salviucci, Roma 1833. Digitalizzato da Google
- [4] [http://www.mineralicristalli.it/simbolismo\\_religioso.htm](http://www.mineralicristalli.it/simbolismo_religioso.htm)
- [5] Mottana A. *Storia Della Mineralogia Antica. I. La Mineralogia A Bisanzio Nel XI Secolo D.C: I poteri insiti nelle pietre secondo Michele Psello* - Rendiconti Lincei, 2005 pag.254  
<http://www.lincci.it/pubblicazioni/rendicontiFMN/rol/pdf/S2005-04-13.pdf>
- [6] Burgio Alfonso. *Dizionario delle Superstizioni. Come difendersi da malocchio, iettatura, contagio e sventura* . Edizioni Ermes, Roma,1992 pag. 87
- [7][http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/carbone-pulito-e-ccs/2011/186-rds-pdf](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/carbone-pulito-e-ccs/2011/186-rds-pdf)
- [8] Fetto Pasquale. *La chimica del berillio parte terza*. CnS-La Chimica nella Scuola, XXXV, 5, pag 65-83; Roma 2013 Aracnedidrice.





## Federchimica per la scuola

Luigi Campanella

### *European &outh Debating Competition*

Oltre 60 teenager discutono del loro futuro.

Con o senza plastica?

Oltre 60 giovani under 18, provenienti da diverse Scuole superiori lombarde, si sono riuniti il 27 maggio 2016 in Federchimica per dibattere del loro futuro con o senza la petrolchimica e le materie plastiche.

E' la tappa italiana del progetto internazionale "European Youth Debating Competition" che coinvolge circa 500 ragazzi di nove Paesi europei (Belgio, Croazia, Francia, Germania, Italia, Olanda, Polonia, Spagna e Regno Unito) ai quali viene data l'opportunità di confrontarsi e dibattere sul ruolo della petrolchimica e delle plastiche in relazione alle questioni energetiche e ambientali.

Al termine del dibattito una giuria composta da imprenditori del settore e giornalisti, ha individuato coloro che si sono maggiormente distinti per competenze tecnico scientifiche e capacità oratorie.



I 3 vincitori italiani

- Andrea Battaglia dell'Istituto Tecnico Giulio Natta di Bergamo

- Eljon Bofe dell'Istituto Tecnico Giulio Natta di Bergamo

- Lorenzo Giordano del Liceo Scientifico Alessandro Volta di Milano

prenderanno parte alla finale che si svolgerà ad ottobre a Budapest, in occasione dell'Assemblea di EPCA - l'Associazione europea della petrolchimica, che quest'anno celebra il suo 50° anniversario.

L'iniziativa è promossa da EPCA e da PlasticsEurope che, rappresentata in Italia da Federchimica, è un'associazione europea non profit che riunisce i produttori di materie plastiche.

## **Federchimica premia i migliori racconti e interviste su chimica e cibo**

Il 30 maggio 2016 sono stati premiati 16 degli oltre 3000 ragazzi di scuola media che, da soli o in gruppo, hanno partecipato al Concorso Nazionale Federchimica Giovani - Speciale Expo 2015.



Vincitori i progetti che hanno saputo raccontare, con grande competenza e maturità, il legame tra chimica e alimentazione che si aggiudicano tablet e materiale didattico per le scuole oltre ad un percorso didattico a tema presso Museo della Scienza e della Tecnologia Leonardo di Vinci di Milano, dove si è svolta la cerimonia di Premiazione.

Il Premio, Patrocinato dal MIUR nell'ambito del progetto "Adotta una scuola per Expo 2015", è stato promosso lo scorso anno in occasione dell'Esposizione Universale da Federchimica e dalle sue Associazioni legate alla filiera agroalimentare: Aisa, Aispec, Agrofarma, Assobase, Assobiotec, Assofertilizzanti, Assogastecnici e PlasticsEurope Italia.

Il concorso richiedeva l'invio di un racconto di fantasia o di un reportage giornalistico sul tema di Expo 2015, "Nutrire il Pianeta" e, in particolare, sul ruolo della chimica nel cibo, lungo tutta la catena alimentare. Un percorso lungo, che porta i nostri alimenti dal campo al piatto in modo salubre, economico e abbondante anche grazie a fertilizzanti, agrofarmaci, biotecnologie, medicinali per animali, additivi alimentari, gas tecnici e plastica.

Gli elaborati vincenti hanno dimostrato quanto la chimica possa essere coinvolgente ed emozionante, al punto da ispirare avventure fantastiche, storie d'amore, rivisitazioni storiche, progetti avveniristici e molto altro.

L'iniziativa nasce dalla partecipazione di Federchimica ad Expo come main sponsor, insieme a Federalimentare, della mostra di Confindustria "Fab Food": un percorso interattivo per raccontare il ruolo imprescindibile di scienza, tecnologia e industria nella lotta alla fame nel mondo.



Il Premio intende incoraggiare un metodo anche informale per raccontare/insegnare la chimica, fornendo spunti per le scuole e materiale didattico per gli insegnanti e si inserisce in un percorso più ampio, già da tempo avviato da Federchimica per avvicinare i giovani alla chimica, migliorarne la conoscenza e valorizzare il suo contributo al benessere dell'umanità.

## **I vincitori del concorso Federchimica Giovani Speciale EXPO 2015**

### SEZIONE CHIMICA GENERA

- Giulia Diglio, Classe II G Istituto Comprensivo "Pietro Giannone" Caserta
- Classe II E Istituto Comprensivo "Antonio Capraro" Procida (NA)

### SEZIONE FARMACI PER USO VETERINARIO

- Francesca Toniolatti, Classe I C Istituto Comprensivo Trento 5 "Giacomo Bresadola" Trento
- Classe II F Scuola Secondaria di Primo Grado "Giacomo Sani" Castelmasa (RO)

### SEZIONE INGREDIENTI SPECIALISTICI PER IL SETTORE ALIMENTARE

- Leonardo Barra, Classe IC Istituto Comprensivo Trento 5 "Giacomo Bresadola" Trento

- Classe I F Istituto Comprensivo Martiri della Libertà - Scuola Media Statale "Don Milani" Sesto San Giovanni (MI)

#### SEZIONE AGROFARMACI

- Emma Paternoster, Classe I C Istituto Comprensivo Trento 5 "Giacomo Bresadola" Trento
- Classe II D Istituto Comprensivo "Cappuccini" Brindisi

#### SEZIONE CHIMICA DI BASE

- Classe III A Istituto Salesiano "Cardinal Cagliero" Ivrea (TO)

#### SEZIONE BIOTECNOLOGIE

- Ramya Murali Classe IIIIG Istituto Comprensivo "Achille Boroli" Novara

#### SEZIONE FERTILIZZANTI

- Classe II F Istituto Comprensivo Chieri 1 plesso "Oscar Levi" Chieri (TO)
- Classe III A Istituto "Don Bosco" Sampierdarena – Genova

#### SEZIONE GAS ALIMENTARI

- Elena Bettonte, Classe IC Istituto Comprensivo Trento 5 "Giacomo Bresadola" Trento
- Classe III C Scuola Secondaria di Primo Grado "Paolo VI" Tradate (VA)

#### SEZIONE PLASTICA

- Ilaria Ballerini Classe III C Scuola Secondaria di Primo Grado, Esine (BS)
- Classe II F Istituto Comprensivo di Mortara, Scuola Secondaria di Primo Grado, Mortara (PV)





AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell’informazione

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

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

*Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su*

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

Compilato il 2 settembre 2016, ore 20:01  
con il sistema tipografico  $\text{\LaTeX}$  2 $\epsilon$

Finito di stampare nel mese di settembre del 2016  
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»  
00134 Roma – via di Torre Sant’Anastasia, 61  
per conto della «Aracne editrice int.le S.r.l.» di Ariccia (RM)