

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

# cns

## LA CHIMICA NELLA SCUOLA

Spedizione in abbonamento postale Art. 2 comma 20/C Legge 662/96 Filiale di Bologna

**LA TAVOLA PERIODICA  
PRIMO INCONTRO**

**GIOCHI DELLA CHIMICA  
IL CALENDARIO**

**LA DEFINIZIONE NEL PROCESSO  
INSEGNAMENTO/APPRENDIMENTO**

<http://www.sci.uniba.it>  
<http://www.ciam.unibo.it/didichim>

LA CHIMICA

NELLA SCUOLA



Società Chimica Italiana

Anno XXVI  
Novembre - Dicembre 2004

Direttore responsabile

**Pierluigi Riani**

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale  
Via Risorgimento, 35 - 50126 Pisa  
Tel. 0502219398 - fax 0502219260  
e-mail: riani@dcci.unipi.it

Past-Editor

**Paolo Mirone**

e-mail: paolo.mirone@fastwebnet.it

Redattore

**Pasquale Fetto**

Favoltà di Medicina Veterinaria  
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 OZZANO E (BO)  
Tel. 0512097897 - fax 051209  
e-mail: pasquale.fetto@unibo.it

Comitato di redazione

Liberato Cardellini, Marco Ciardi, Pasquale Fetto,  
Paolo Mirone, Ermanno Niccoli, Fabio Olmi,  
Pierluigi Riani, Paolo Edgardo Todesco, Fran-  
cesca Turco, Giovanni Villani

Comitato Scientifico

Luca Benedetti, Rinaldo Cervellati, Rosarina  
Carpignano (*Presidente della Divisione di Didat-  
tica*), Luigi Cerruti, Giacomo Costa, Franco  
Frabboni, Gianni Michelon, Ezio Roletto

Editing

Documentazione Scientifica Editrice  
Via Irnerio, 18 - 40126 Bologna  
Tel. 051245290 - fax 051249749

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

Italia • 48 - Paesi comunitari • 58

Fascicoli separati Italia • 12

Fascicoli separati Paesi extracomunitari • 15

Gli importi includono l'IVA e, per l'estero le  
spese di spedizione via aerea  
Spedizione in abbonamento postale Art.2 comma  
20/C Legge 662/96 Filiale di Bologna

Ufficio Abbonamenti

Manuela Mustacci  
SCI, Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma  
Tel. 068549691 fax 068548734  
E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

Pubblicazione iscritta al n. 219 del registro di  
Cancelleria del Tribunale di Roma in data  
03.05.1996

La riproduzione totale o parziale degli articoli e  
delle illustrazioni pubblicate in questa rivista è  
permessa previa autorizzazione della Direzione

La direzione non assume responsabilità per le  
opinioni espresse dagli autori degli articoli, dei  
testi redazionali e pubblicitari

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Stampa

LE GRAFICHE RECORD snc

S. Giorgio di P. (BO) - Tel. 0516650024

## SOMMARIO

### EDITORIALE

- Gli Insegnanti di fronte alle "Indicazioni Nazionali...":  
cosa fare? **149**  
di **Fabio Olmi**

### DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

- Non solo atomi **152**  
di **Pietro Araldo**

### ESPERIENZE E RICERCHE

- La definizione nel processo di insegnamento-apprendimento:  
sintesi concettuale o insieme di parole da ricordare a  
memoria? **157**  
di **Aldo Borsese**

- Primo incontro con la tavola periodica: un approccio  
storico epistemologico all'insegnamento della chimica **161**  
di **Alberto Regis, Ezio Roletto**

- Una proposta didattica volutamente incompleta sugli  
acidi e sulle basi. - II parte - Organizzazione dei contenuti **172**  
di **Ermanno Niccoli**

### LABORATORIO E DINTORNI

- La caratterizzazione del miele del territorio di Corleto  
Petricara e territori limitrofi. - Monitoraggio ambientale **181**  
di **G. Bentivenga, M. D'Auria, A. De Bona, G. Mauriello**

## RUBRICHE

- LETTERE AL LETTORE** **188**

La recitazione  
di **Ermanno Niccoli**

- LETTERE A CnS** **189**

Speriamo bene!  
di **Pierluigi Riani**

- GIOCHI DELLA CHIMICA** **190**

Il calendario delle prove

- GRUPPO GIOVANI** **191**

La Chimica a Scuola e nell'Università: un futuro possibile?  
di **Marco Franceschin**

Le figure esornative sono tratte dal testo: P.Lugol - Leçons élémentaires  
de Chemie - Paris, Librairie Classique Eugène Belin - 1905

## GLI INSEGNANTI DI FRONTE ALLE “INDICAZIONI NAZIONALI...”: COSA FARE?

Sulle “Indicazioni nazionali ...” della legge di riforma Moratti della scuola di base e della secondaria di I grado si sono scritti fiumi di articoli, ci sono stati dibattiti, seminari, convegni e non ultimo il *Libro bianco* del Forum delle Associazioni disciplinari degli insegnanti, uscito nel Novembre 2003 (*Pareri e commenti delle Associazioni disciplinari sui documenti ministeriali per il primo ciclo di istruzione*). Tra gli argomenti più gettonati nei vari interventi troviamo il tutor, il portfolio e la sua gestione, la personalizzazione dei piani di studio, il gran numero di materie, il loro rapporto con le “educazioni”, gli orari...gli OSA, gli Obiettivi Specifici di Apprendimento: è su questi ultimi, con riferimento all’ambito *Scienze* (non più *Scienze Sperimentali*), che vogliamo focalizzare la nostra attenzione perché dovrebbero rappresentare gli **organizzatori della progettazione del curricolo da parte degli insegnanti**.

Al di là dei contenuti degli OSA, di cui ci siamo occupati in varie occasioni, c’è da osservare un dato positivo (forse l’unico): *con essi si supera finalmente il suggerimento della lista enciclopedica dei contenuti da sviluppare e si operano delle scelte su cosa insegnare*. Immediatamente però, scorrendo le due colonne degli obiettivi di “conoscenza” e “abilità”, ci accorgiamo che...la prima colonna indica essenzialmente dei contenuti e non obiettivi di conoscenza e che la seconda colonna non trova spesso corrispondenza con la prima. L’impressione (dal Libro bianco delle Associazioni disciplinari la DD/SCI, pp 108-109 si osserva che) “...è di poca organicità e coerenza interna e, complessivamente, cose condivisibili e non, sono presentate in modo disordinato” e prosegue “... se si prova a seguire lo sviluppo verticale di un argomento nei vari anni, spesso mancano dei passaggi o alcuni obiettivi devono essere riformulati o aggiunti”. **Ma cosa più grave è che alcune scelte fatte sono a dir poco assurde, improponibili per l’età a cui vengono rivolte e**

**andrebbero cassate**: le Associazioni scientifiche dei docenti, DD/SCI, AIF e ANISN, valutano che si tratti almeno del 30-35% degli OSA proposti; altri, invece, sono clamorosamente assenti per dare coerenza e senso ad un percorso.

Anche nella stesura della precedente riforma Berlinguer-De Mauro, che non ha mai visto la luce in documenti stampati, puntando sulla formulazione di *competenze* da raggiungere, veniva superata l’“enciclopedia” dei programmi, ma la fondatezza e la coerenza delle competenze e la adeguatezza dei traguardi erano tutt’altra cosa. Ora gli insegnanti si trovano di fronte due grandi difficoltà: la prima è che sono obbligati a *passare dalla semplice programmazione nel tempo dei contenuti dati dai vecchi programmi alla progettazione di percorsi didattici, segmenti di un progetto curricolare non dato*, con riferimento alla realtà della classe in cui sono chiamati a operare; la seconda consiste nel fatto che la progettazione curricolare, la sua attuazione e il suo controllo, richiedono *il possesso di una professionalità complessa e molto articolata da parte del docente* che riguarda sia una profonda conoscenza della/e disciplina/e coinvolte nella progettazione (scelta dei contenuti), sia un pieno possesso dei metodi da impiegare in relazione alla adeguatezza e sostenibilità di entrambi in rapporto allo sviluppo degli allievi in apprendimento.

È chiaro che anche insegnanti di lungo mestiere si possono trovare oggi in difficoltà sia relativamente ad uno o ad entrambi i punti detti sopra per mancanza di una adeguata formazione che la sola lunga pratica di insegnamento non è in grado comunque di fornire. Difficoltà aggravate dal dover gestire un orario estremamente ridotto che comunque viene assegnato alla disciplina.

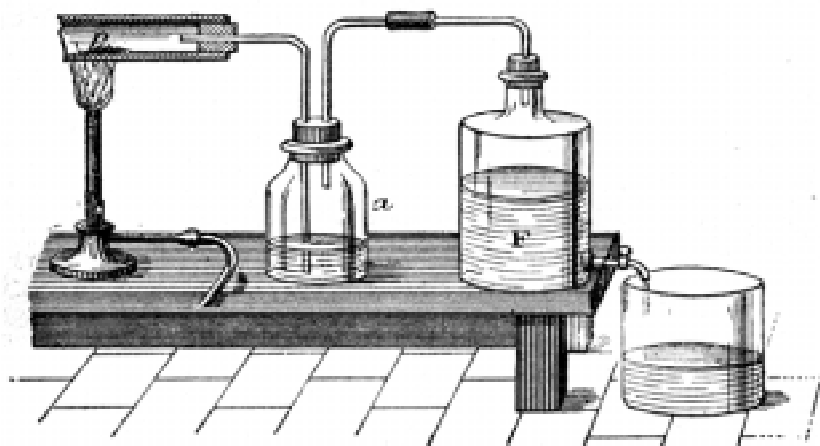
Qui emerge immediatamente il fondamentale contributo che stanno offrendo le SSIS: per la prima formazione degli insegnanti le SSIS, che si apprestano ad iniziare ormai il VI ciclo di formazione, sono in grado di fornire, pur con il perma-

nere di alcuni loro aspetti negativi, *una adeguata preparazione iniziale ai docenti, mettendoli anche in grado di far fronte alle nuove esigenze.* E lentamente questi colleghi neo-formati entrano nelle scuole e rappresentano una leva preziosa su cui le scuole potrebbero investire per ampliare le competenze al loro interno...

Ma che ne è dei colleghi che già insegnano, magari da molti anni, con abitudini di gestione della didattica completamente diverse da quelle che oggi si chiedono loro e a cui il Ministero non offre alcun aiuto per affrontarle? Il clima che in questi tempi si respira nelle scuole è molto pesante...

La DD/SCI, insieme alle altre Associazioni professionali dell'ambito scientifico, AIF e ANISN, non può assistere inerte al progressivo naufragio

della scuola e, almeno per quanto le compete, e senza pensare di sostituirsi a chi dovrebbe farsi carico di tutti gli aspetti che la riforma coinvolge, deve cercare di offrire ai docenti un aiuto qualificato e concreto sul piano della progettazione di sensati percorsi didattici. Oggi non servono più i tradizionali corsi di aggiornamento: si potrebbe pensare di offrire un supporto diretto alle scuole in collaborazione con gli Uffici Scolastici Regionali, le Regioni e gli altri Enti Locali, creando strutture territoriali di docenti delle tre Associazioni, esperti ai diversi livelli scolari, e promuovendo la progettazione e l'effettuazione di progetti circoscritti, ma metodologicamente efficaci, lavorando laboratorialmente con i docenti per un congruo numero di incontri distesi nell'arco di un intero anno. È il caso di provare?



Grillage de la pyrite.

## Giacomo Ciamician

Trieste, 1857 - Bologna, 1922

Giacomo Ciamician nacque a Trieste nel 1857, da una famiglia di origine armena trasferitasi da poco nella città, ormai debolmente legata all'Impero austriaco. Fece gli studi superiori a Trieste per poi seguire i corsi del Politecnico e dell'Università di Vienna dove si appassionò a settori della chimica vicini alla fisica e alle scienze naturali; infine conseguì il dottorato di ricerca a Giessen, nel 1880. A Vienna, non ancora laureato, Ciamician condusse studi di spettroscopia elementare; dalle osservazioni sulle analogie negli spettri di elementi dello stesso gruppo dedusse che gli elementi omologhi dovessero avere struttura analoga, tesi giudicata "fantasiosa" da Mendeleev e Ostwald. Nello stesso 1880 divenne assistente di Cannizzaro a Roma, all'Istituto di Chimica Generale, dove strinse due fertili collaborazioni: con Max-Eugen Hermann Dennstedt (1852-1931) e Paolo Silber (1851-1932). Qui diede inizio ai numerosi studi sui pirroli, che portò avanti per 25 anni. Insigniti del Premio Reale dell'Accademia dei Lincei; fra questi lavori è da ricordare la sintesi del tetraiodopirrolo che, ampiamente utilizzato come antisettico, sostituì lo iodoformio. Nel 1887 vinse la cattedra di Chimica Generale a Padova e due anni dopo venne chiamato all'Università di Bologna, dove rimase fino alla morte. A Padova iniziò un decennio di ricerche su composti di origine vegetale, in particolare alcaloidi, dei quali stabilì la costituzione e con l'obiettivo più ampio di determinarne origine e funzioni. Anche in questo settore il lavoro di Ciamician ebbe una ricaduta industriale: le ricerche su apiolo, saфроlo ed eugenolo, impiegati nella manifattura dell'eliotropina e della vanillina.

Il successo di Ciamician come ricercatore diviene tanto più notevole quando siano note le condizioni sperimentali in cui operava: a Roma il laboratorio era di "ben tre metri per quattro" e a Bologna l'unione dei due gabinetti di Chimica Organica e di Chimica Inorganica in quello di Chimica Generale diede "mezzi [...] troppo meschini perché due professori vi possano lavorare efficacemente", in pratica poco più che vetreria di base. Dopo l'arrivo di Ciamician furono acquistate molte nuove attrezzature, fra le quali numerosi Bunsen, una bilancia, bagni maria e, a partire dal 1909, un'autoclave, uno spettroscopio un polarimetro e via via altri macchinari che posero – finalmente - il laboratorio ad un livello di prestigio internazionale. Fine ricercatore Ciamician era convinto dell'importanza della pratica di laboratorio per gli studenti, tanto da proporre l'abolizione dei corsi di anatomia e fisiologia per gli studenti di chimica per lasciar loro maggior tempo a disposizione per le esercitazioni di chimica. Le lezioni teoriche di Chimica Generale Inorganica e Chimica Organica Biologica erano seguite dagli studenti, oltre che di chimica, di Medicina e Chirurgia, di Chimica e Farmacia, di Veterinaria, della Scuola Superiore di Agraria e di alcuni corsi di Ingegneria. Le lezioni erano corredate da dimostrazioni pratiche condotte dagli assistenti di Ciamician, molti dei quali divennero a loro volta professori a Bologna.

Ciamician fu dunque un ricercatore eclettico, che conseguì importanti risultati in svariati campi dell'indagine chimica, pubblicando in tutto poco meno di 400 lavori. Il settore per cui è solitamente ricordato è però quello che fondò e portò ad alti livelli a Bologna: la fotochimica. Ciamician aveva già condotto alcuni lavori in questa direzione a Roma ma fu a Bologna, in collaborazione con Silber, che sistematizzò le sue indagini, concretizzate in una cinquantina fra note e memorie



pubblicate tra il 1900 e il 1915, e cioè fino al ritorno in Germania di Silber, a causa del conflitto mondiale.

Disseminando i terrazzi dell'Istituto bolognese di ampolle, il contenuto delle quali veniva analizzato dopo una più o meno prolungata esposizione al sole, determinò l'azione chimica della luce su innumerevoli composti organici. Alcune delle reazioni scoperte sono: fotoriduzione in ambiente alcolico di composti carbonilici e nitroaromatici, fotopolimerizzazione e isomerizzazione di vari composti insaturi, fotoidrolisi di chetoni a catena aperta e ad anello, fotocondensazioni fra acido cianidrico e carbonili, fotocondensazione aldolica, fotosintesi e ossidoriduzione intramolecolare fotoindotta di dichetoni. In particolare dallo studio delle proprietà fotosintetiche delle piante Ciamician maturò la convinzione che il futuro della chimica organica risiedesse nelle applicazioni vicine alla biologia, con metodi chimici che si avvicinassero il più possibile ai processi naturali (secondo le parole di Raffaello Nasini Ciamician "aveva orrore di quelle sostanze che figurano esclusivamente nel Beilstein"). Nel 1912, nel discorso che precedette l'apertura dell'ottavo *International Congress of Applied Chemistry* a New York, Ciamician affermò con forza la necessità di svincolare l'industria chimica dall'uso dei combustibili fossili, sostituendoli con lo sfruttamento della radiazione solare.

L'impegno in questa direzione emerge pure dall'esame dell'attività politica che compì da quando, nel 1910, venne nominato senatore per meriti scientifici. Ciamician prese spesso la parola per sostenere le proprie opinioni riguardo all'industria chimica, così come per questioni legate all'istruzione. Si può immaginare quali fossero le sue preoccupazioni al riguardo considerando che in una conferenza divulgativa, prima del 1905, si era lamentato delle 90.000 lire stanziati dal Governo per la ricerca a fronte dell'equivalente di un milione di lire speso della Germania.

Ciamician fu membro di innumerevoli Accademie e Istituzioni scientifiche, presiedette la Società Italiana per il Progresso delle Scienze e l'Associazione Italiana di Chimica Pura ed Applicata (l'odierna Società Chimica Italiana), fu membro onorario di diverse società chimiche europee, dell'Académie des Sciences e della Royal Institution. Fu candidato diverse volte al premio Nobel (su proposta di Emil Fischer), ma non ricevette mai il premio. Poco dopo la sua morte (nei primi giorni del 1922, a causa di una febbre persistente) gli fu intitolato il nuovo Istituto Chimico di Bologna.

**Per chi vuole approfondire:** R. Nasini, "Giacomo Luigi Ciamician", *J.Chem. Soc. Abstracts*, 1926, pp. 996-1004.

## NON SOLO ATOMI

PIETRO ARALDO (\*)

### Riassunto

*L'articolo restituisce in modo semplificato, rispetto a una ricostruzione storica, per la didattica della chimica del biennio di scuola media superiore, il processo di costruzione delle conoscenze chimiche che hanno portato a ridurre l'idea di atomo alla misura di una grandezza, il "peso atomico", distinguendo l'idea di atomo da quella di molecola.*

### Abstract

*This paper describes a didactic point of view for the first year of senior high school on the progress of chemistry in the nineteenth century. Stanislao Cannizzaro (1826 – 1910), a sicilian professor of chemistry at Genoa University, was successful in quantifying the idea of atom in «atomic weights» so that chemists could discern between atoms e molecules.*

Le leggi ponderali della chimica classica sono state interpretate attraverso la teoria atomica di Dalton del 1803; quegli «strani» rapporti, piccoli e interi, fra le quantità di un elemento che si combinano con una quantità fissa di un altro elemento, sono spiegabili se alla parola «elemento» si attribuisce il significato di «tipo di atomo». Un «tipo di atomo» è caratterizzato soprattutto dalla sua massa relativa: quante volte un atomo di un elemento pesa di più di un atomo preso come riferimento.

John Dalton (1766 – 1844) e Jacob Berzelius (1779 – 1848), illustri scienziati dell'ottocento, cercarono di stabilire le masse atomiche degli elementi, ma la confusione tra i concetti di atomo e di molecola concorse a impedire loro di giungere a valori concordanti.

### ATOMI, EQUIVALENTI E PROPORZIONI

Il valore della massa atomica dell'ossigeno sarebbe stata differente se la composizione dell'acqua fosse stata espressa come  $H_2O$  o come  $OH$ . Dalton usava  $OH$  come formula dell'acqua mentre Berzelius usava  $H_2O$ .

Nel 1774, Henry Cavendish fece detonare una miscela di idrogeno e di ossigeno allo stato gassoso e osservò la formazione di gocce d'acqua. Lavoisier analizzò la composizione dell'acqua che secondo i suoi dati conteneva l'85% di ossigeno. [4] Nel 1801, Anthony Carlisle e William Nicholson, due ricercatori inglesi, ottennero la decomposizione dell'acqua in idrogeno e ossigeno allo stato gassoso. [1] Humbolt e Gay Lussac (1778 – 1850), pochi anni dopo, condussero una ricerca e conclusero che «99,6 [volumi, n.d.r.] d'ossigeno hanno assorbito 199 [volumi] d'idrogeno o [...], in numeri

tondi, che 100 [volumi] di ossigeno chiedono per saturarsi 200 [volumi] d'idrogeno» Questi «numeri tondi» furono sufficienti per suscitare un sospetto fra i più fertili della storia della scienza<sup>1</sup>. In una memoria letta il 31 dicembre 1808 così Gay – Lussac ricorda l'origine della sua indagine: «sospettando dal rapporto esatto di 100 [volumi] di ossigeno per 200 [volumi] d'idrogeno [...] che anche altri gas potevano combinarsi in rapporti semplici, ho fatto i seguenti esperimenti [...]» [8]

Nel 1811 Amedeo Avogadro (1776 – 1856) enunciò la sua famosa ipotesi che portava alla conclusione che se un volume doppio di idrogeno si univa a un volume di ossigeno la composizione dell'acqua era  $H_2O$  e non  $OH$  come voleva Dalton.<sup>2</sup> Se la densità dell'ossigeno era 15 volte quella dell'idrogeno, la massa dell'atomo di ossigeno doveva essere 15 volte quella dell'atomo di idrogeno<sup>3</sup>. [3]

Se il composto fosse stato rappresentabile dalla formula  $H_2O$  la massa atomica relativa dell'ossigeno sarebbe stata 16; se invece, il composto fosse stato rappresentabile con la formula  $OH$  la massa atomica relativa dell'ossigeno sarebbe stata 8. Il calcolo è il seguente.

Poniamo X uguale alla quantità in peso di ossigeno che entra nella molecola di acqua e poniamo Y uguale alla quantità in peso di idrogeno che entra nella stessa molecola. L'analisi quantitativa fornisce il rapporto tra i pesi,  $X/Y = 8$ . Se si pone uguale a 1 il peso atomico dell'idrogeno, la molecola di acqua contiene 1 atomo di idrogeno. Affinché il rapporto  $X/Y$  sia soddisfatto un atomo di ossigeno deve pesare 8 (e quindi la formula dell'acqua è  $OH$ ). Se invece la molecola di acqua contiene due atomi di idrogeno, allora essa deve contenere un atomo di ossigeno che vale 16 affinché il rapporto tra i pesi degli elementi sia 8.

Il peso atomico dell'ossigeno calcolato da Dalton nel 1810 era uguale a circa 7<sup>4</sup> e non concordava con le determinazioni di Berzelius del 1818 e del 1826, che, una volta uniformata l'unità di misura, si attestavano su un valore che era più del doppio (= 16). [4]<sup>5</sup> Berzelius, tuttavia, prendeva come atomo di riferimento l'ossigeno che poneva uguale a 100 mentre Dalton prendeva come riferimento l'atomo di idrogeno

<sup>1</sup> Da un punto di vista didattico, mi sembra utile fare notare agli allievi le «coincidenze» e le regolarità dei fatti chimici prima di enunciare le leggi della chimica classica.

<sup>2</sup> Jurij I. Solov'ev ha scritto che «Avogadro diede una interpretazione atomista della legge dei volumi di Gay – Lussac ed approfondì l'ipotesi atomistica con nuove concezioni» [4] Cfr. Fisher per un'interpretazione scettica di questo problema storiografico, nato dal salto epistemologico tra l'enunciazione della legge di Gay – Lussac e la sua lettura atomistica [13]

<sup>3</sup> Nel 1811, secondo Solov'ev, e non nel 1814, Avogadro attribuì il valore di 15 al peso atomico dell'ossigeno. Nel 1814 il valore si era già assestato a 16 (Cfr. tab V del testo di Solov'ev, pag. 153).

<sup>4</sup> Il valore del peso atomico dell'ossigeno determinato da Dalton nel 1810 non fu 8 ma 7, anche perché i dati dell'analisi quantitativa elementare di Dalton erano quelli di Lavoisier [4], meno precisi e meno accurati di quelli di Berzelius del 1826.

<sup>5</sup> cfr. Tab V del testo di Solov'ev, pag. 153

che poneva uguale a 1.

Vi era un considerevole accordo tra i sistemi stechiometrici di Berzelius, Davy e Wollaston e quello di Dalton, fatta eccezione per l'uso che Dalton faceva del termine «atomo». William Whewell, ripercorrendo l'intera questione nella sua *History of the Inductive Sciences* (1837), osservò che il termine «atomo» era più adatto di «proporzione» o di «equivalente» per definire i «pesi atomici», ma aggiunse che l'uso del termine non implicava necessariamente l'adesione all'ipotesi atomica [2]

La notazione di Stanislao Cannizzaro del 1858 era più schierata dalla parte dell'ipotesi atomica: ogni simbolo, ad esempio H, contava per un atomo. La formula H<sub>2</sub> significava che una molecola di idrogeno conteneva due atomi di idrogeno con le stesse proprietà chimiche. Se fossero state rappresentate due molecole di idrogeno, non si sarebbe scritto H<sub>4</sub> ma 2 H<sub>2</sub>. Se l'atomo di idrogeno fosse invece comparso due volte nella stessa formula, come per l'acido acetico CH<sub>3</sub>COOH, avrebbe significato che i primi tre atomi di idrogeno (CH<sub>3</sub>) avevano proprietà chimiche diverse dal quarto (COOH), che poteva essere sostituito da metalli.

## MOLECOLE COSTITUENTI, ELEMENTARI E INTEGRANTI

Ad aggiungere confusione nella determinazione dei pesi atomici, Gay – Lussac (1778 –1850) formulò la sua legge dei volumi secondo cui, se due gas si combinano tra loro, si uniscono sempre in rapporti di volume semplici; se il prodotto della reazione è allo stato gassoso, anche il suo volume sta in rapporto semplice con i volumi dei gas reagenti. Berzelius ipotizzò che si potesse sostituire alla parola «volume» la parola «atomo», nel senso che due volumi uguali di gas alla stessa temperatura e pressione, avrebbero dovuto contenere sempre lo stesso numero di atomi, indipendentemente dalla natura dei gas.

Dalton interpretò allo stesso modo di Berzelius la legge dei volumi di Gay – Lussac, aggiungendovi la considerazione che se volumi uguali avessero contenuto lo stesso numero di atomi, allora la legge di Gay – Lussac sarebbe stata equivalente alla legge delle proporzioni multiple, con la differenza che la seconda sarebbe stata generale, e quindi, valida per ogni stato di aggregazione (gassoso, liquido e solido), mentre la prima sarebbe stata valida solo per i gas.

Le reazioni che avvenivano tra i gas erano studiate con un'apparecchiatura di misura dei volumi, l'EUDIOMETRO, nella quale la miscela era fatta detonare per mezzo di una scintilla scoccata tra due elettrodi. Alcune delle reazioni così studiate contraddicevano l'ipotesi di Berzelius. Tra queste vi era la sintesi del cloruro di idrogeno, a partire dalle sostanze semplici degli elementi che lo compongono, il diidrogeno e il dicloro<sup>6</sup>.

Facendo reagire 1 volume di diidrogeno con 1 volume di dicloro si ottenevano stranamente 2 volumi di cloruro di idrogeno. Era strano perché se un atomo di idrogeno avesse reagito con un atomo di cloro, la reazione chimica avrebbe dovuto produrre un atomo doppio, quindi 1 volume di idrogeno, se avesse reagito con 1 volume di cloro, avrebbe dovuto dare 1 volume di cloruro di idrogeno. Si tenga presente che Berzelius dubitava della natura elementare del cloro che credeva composto da ossigeno e da un'altra sostanza incognita, il *murium*.

<sup>6</sup> Diidrogeno e dicloro sono rispettivamente i nomi IUPAC di idrogeno e cloro. Il prefisso di- ha la funzione di differenziare l'idrogeno atomico H dalle molecole di idrogeno H<sub>2</sub>.

Tra il 1811 (“*Essai*”)<sup>7</sup> e il 1814 (“*Memoire*”)<sup>8</sup>, Amedeo Avogadro (1776 – 1856), di dieci anni più giovane di Dalton e di tre più anziano di Berzelius, sostenne qualcosa che ancora nel 1860 appariva simile a quanto aveva sostenuto Berzelius a proposito della sostituzione del termine «volume» con quello di «atomo». Invece della parola atomo (o «molecola elementare»), Avogadro aveva usato il termine «molecola integrante» (o, semplicemente, molecola)<sup>9</sup>. Avogadro adoperò la parola molecola con un significato più specifico di quanto avessero fatto fino a allora i suoi contemporanei. Secondo Avogadro, nel caso dei gas semplici, come il diidrogeno, il diazoto, il diossigeno, le *molecole integranti* erano composte di un certo numero di *molecole elementari della medesima specie*. (5)

Nella chimica newtoniana, un elemento chimico aveva certe proprietà secondo il modo in cui gli atomi fisici primordiali formavano un'aggregazione caratteristica di quell'elemento; queste particelle formavano poi ulteriori aggregazioni [2]. Dalton eliminò la distinzione tra atomi fisici primordiali ed elementi chimici eterogenei formati da aggregazioni di tali atomi [2]. Divenne così difficile distinguere tra molecola elementare e molecola integrante.

## IL SISTEMA DI CANNIZZARO DI MISURA DEI PESI ATOMICI

L'ipotesi di Avogadro venne tenuta ai margini del dibattito scientifico, e per i successivi cinquanta anni si utilizzò il termine “atom” in ambito scientifico anglosassone e “molécule” in ambito scientifico francese per riferirsi allo stesso ente, la particella (o corpuscolo<sup>10</sup>), indipendentemente se fosse stata “semplice” o “doppia”.

*L'ipotesi di Avogadro (1811) non fu apprezzata dalla gran parte della comunità degli scienziati anche perché il chimico che dominò la scena dagli anni venti agli anni quaranta del secolo XIX, Berzelius, andava sostenendo una teoria dualistica dell'affinità chimica che vietava la combinazione di atomi aventi identica elettropositività o identica elettronegatività. Molecole come H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, essendo formate da atomi identici (e quindi aventi la stessa elettropositività o la stessa elettronegatività), non avrebbero potuto formarsi perché le particelle semplici di pari elettropositività (o elettronegatività) avrebbero dovuto respingersi. Inoltre, l'ipotesi di Avogadro non fu compresa appieno anche a causa dell'usanza dei chimici di dedurre i pesi atomici da misure di equivalenti. [5] Un equivalente di una sostanza, semplice o composta, corrisponde alla frazione della sua massa molare espressa in grammi che può*

<sup>7</sup> Il titolo completo dell'opera del 1811 di Avogadro è *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*.

<sup>8</sup> Il titolo completo dell'opera del 1814 di Avogadro è *Memoire sur les masses relatives des molécules des corps simples ou densités présumées des gaz, et sur la constitution des quelques – uns de leurs composés, pour servir de suite à l' «Essai» sur le même sujet*.

<sup>9</sup> Luigi Cerruti mostra un rigore filologico maggiore riguardo a questa precisazione linguistica affermando che: «l'analisi chimica di Fourcroy non poteva distinguere tra le *intégrantes* e le *constituentes* in un corpo semplice, la reattività chimica di Avogadro doveva distinguere, all'interno delle *constituantes* che reagivano, delle *molécules élémentaires* che si ripartissero nelle *intégrantes* dei prodotti.»

<sup>10</sup> Nei secoli XVII e XVIII, il termine greco “atomo” (indivisibile) veniva spesso sostituito da quello latino “corpuscolo”, cioè di particella (*corpusculum* è il diminutivo di *corpus*)

reagire quantitativamente con un grammo-atomo<sup>11</sup> di un elemento monovalente (ad esempio, con 1 grammo di idrogeno o con 35,5 grammi di cloro). 36,5 grammi di cloruro di idrogeno (1 equivalente) in 1 litro di acqua distillata (si osserva il colore rosso della cartina al tornasole<sup>12</sup> imbevuta della soluzione acida) si combinano con 40 grammi di idrossido di sodio (1 equivalente) in 1 litro di acqua distillata (si osserva il colore blu della cartina al tornasole imbevuta della soluzione basica) per dare una soluzione acquosa neutra (con pH = 7 rivelato dal colore viola della cartina al tornasole) da cui si può ricavare, dopo aver portato a secco, un equivalente di cloruro di sodio pari a 58,5 grammi.

Nella prima metà dell'ottocento, le costanti chimiche, chiamate "equivalenti", "pesi atomici" e "pesi di combinazione" ("combining proportions"), erano ancora usate indifferenteemente. Al congresso di Karlsruhe del 1860, Stanislao Cannizzaro distribuì il suo *Sunto di un corso di filosofia chimica* ai presenti che si sentirono "...come se una benda cadesse dagli occhi, sparivano tutte le incertezze e al loro posto subentrava un'impressione di perfetta chiarezza piena di armonia". [7]

Il *Sunto* è uno scritto nella forma di una lettera indirizzata al direttore della rivista *Nuovo Cimento* nel quale, prima di tutto, vengono spiegati attraverso un esame storico – critico delle teorie elaborate nei decenni precedenti, i motivi per i

quali erano sorte le contraddizioni sulla determinazione dei «pesi atomici». Nell'incipit del *Sunto* si enuncia il fondamento della teoria molecolare di Cannizzaro, l'ipotesi di Avogadro, di Ampere e di Dumas, sottolineando che un volume di gas contiene sempre lo stesso numero di molecole, ma non lo stesso numero di atomi<sup>13</sup>.

Cannizzaro pose a confronto i «pesi atomici» di undici corpi, tra semplici e composti. Nella prima colonna i valori erano riferiti al «peso» (massa)<sup>14</sup> della mezza molecola di diidrogeno posta uguale a 1. Nella seconda colonna, gli stessi «pesi atomici» erano riferiti al peso (relativo) della molecola di diidrogeno posta uguale a 2 perché comparato al peso (massa) di mezza molecola di diidrogeno preso per unità. Si riassume in tabella 1 quanto riportato nella prima tabella del *Sunto* di Cannizzaro. [7]

Se un volume di gas contiene lo stesso numero di molecole indipendentemente dal tipo di gas, è abbastanza semplice intuire che il rapporto delle masse dello stesso volume di due gas è una misura del rapporto fra le masse molecolari dei due gas.

Era convenzione, nella determinazione dei «pesi atomici», riferire le densità delle sostanze semplici gassose alla densità dell'aria. Per passare dalle masse molecolari riferite all'aria a quelle riferite alla mezza di molecola di diidrogeno (uguale a 1), sarebbe bastato moltiplicare per 28,87, cioè per la massa molecolare media dell'aria riferita a mezza molecola di diidrogeno.

**Tab.1:** La differenza tra i valori delle densità relative di otto corpi variando la densità di riferimento.

NOMI DEI CORPI	DENSITÀ	DENSITÀ
	ossia pesi di un volume fatto = 1 quello di un volume d'idrogeno, ossia pesi delle molecole comparati al peso di un'intera molecola d'idrogeno considerata come unità	Riferite a quella dell'idrogeno =2, ossia pesi delle molecole comparati al peso di mezza molecola d'idrogeno preso per unità
Idrogeno	1	2
Ossigeno ordinario	16	32
Molecola ossigeno elettrizzato (ozono)	64	128
Solfo sopra i 1000°C	32	64
Solfo sotto i 1000°C	96	192
Cloro	35,5	71
Acqua	9	18
Acido cloridrico	18,25	36,50

<sup>11</sup> Con *grammo – atomo*, Cannizzaro intendeva una quantità in grammi numericamente uguale alla massa atomica, espressa in unità di massa atomica (u.m.a.)

<sup>12</sup> La soluzione di tornasole non è un indicatore universale in quanto discrimina solo nell'intervallo di pH 4,4 – 8,0. Il colorante blu vegetale estratto con alcali e latte di calce da licheni del genere *Roccella* e da altri licheni colorati, è il componente fondamentale della nota soluzione di tornasole, composta da vari cromofori, tra cui il principale è il 7 – idrossi – 2 – fenazinone.

<sup>13</sup> Si tratta del noto ostacolo epistemologico che gli allievi devono superare nell'affrontare la parte del programma del primo anno che tratta dell'ipotesi di Avogadro.

<sup>14</sup> La distinzione tra massa e peso è una distinzione tra grandezze che è stata accolta tardi dalla comunità dei chimici. I chimici, soprattutto nel passato, adoperavano bilance a doppio piatto. Queste bilance forniscono una misura indipendente dall'entità del campo gravitazionale al quale le masse confrontate sono sottoposte.



La teoria di Cannizzaro dava un quadro coerente alla legione biblica dei fatti chimici; essa spiegava le varie discrepanze tra le misure dei «pesi atomici» delle sostanze semplici. Ad esempio, se poniamo sulla bilancia 1 litro di diossigeno, a 20 °C e a 1 atmosfera, esso ha massa 1,33 grammi che, se rapportati agli 0,084 grammi di 1 litro di diidrogeno alla stessa temperatura e pressione, danno circa 16. Il risultato è già riferito alla mezza molecola di diidrogeno perché entrambe le particelle elementari di ossigeno e di idrogeno sono «atomi doppi». Se si pone invece sulla bilancia 1 litro di aria (in condizioni standard) la massa sarà di 1,20 grammi. Se si fa il rapporto tra il peso di 1 litro di aria e il peso di 1 litro di diidrogeno si otterrà un valore di 14,3 che rappresenta la massa molecolare media dell'aria riferita alla massa molecolare di idrogeno posta uguale a 2 anziché a 1. Sappiamo che l'aria è composta da una miscela di diazoto e diossigeno e la sua massa molecolare media non può essere più piccola di 28, la massa molecolare relativa della molecola del componente più leggero: il diazoto. Ne risulta che bisogna moltiplicare per 2 il risultato ottenuto in modo da confrontarlo con un volume corrispondente a mezza molecola di diidrogeno, ottenendo come massa molecolare media dell'aria un valore prossimo a 29. Per confronto con la misura sperimentale, si può calcolare la massa molecolare media della miscela di diazoto (80%) e di diossigeno (20%) ("l'aria"):  $0,80 \times 28 + 0,2 \times 32 = 28,8$ , prossimo al valore trovato da Cannizzaro (28,87), come massa molecolare media dell'aria.

Quando passò ad analizzare i composti, Cannizzaro mostrò come i loro «pesi molecolari» fossero delle combinazioni lineari dei multipli dei pesi atomici degli elementi che li componevano. Se l'acqua ha peso molecolare 18, essa conterrà un «peso» di  $1 \times 16$  corrispondente a 1 atomo di ossigeno che pesa 16 e un «peso» di  $2 \times 1$  corrispondente a 2 atomi di idrogeno che pesano 1. Il peso molecolare dell'acido acetico è 60 e contiene un «peso» di ossigeno di  $2 \times 16$ , quindi la molecola di acido acetico conterrà due atomi di ossigeno.

Misurando le densità allo stato aeriforme, Cannizzaro esaminò la costituzione del cloruro di idrogeno, del calomelano, del sublimato corrosivo (cloruro di mercurio), dei cloruri di etile e di acetile, del «cloruro di eterene<sup>15</sup>» ( $C_2H_4Cl_2$ ), del triclorigenocloruro di arsenico, di fosforo e di boro, dei dicloruri di stagno (II) e di titanio (II), del tetracloruro di silicio e di zirconio, dell'esacloruro di bialluminio, di biferro e di bicromo (III)<sup>16</sup> e attribuì una formula a ciascuno di questi composti. Nella maggior parte dei casi la formula proposta da Cannizzaro è stata confermata da studi successivi.

Dai dati sulle densità dei cloruri è possibile conoscere il peso relativo delle molecole e le quantità di cloro contenute nei composti. Queste quantità sono sempre combinazioni lineari dei pesi di cloro e dei «radicali» che accompagnano il cloro. Non vi è quindi dubbio sui pesi atomici di questi elementi e sul numero degli atomi che entrano nelle molecole dei loro composti. [7] Esiste qualche volta l'incertezza<sup>17</sup> nel decidere la quantità dell'altro elemento combinato al cloro nella

molecola. Per decidere quale sia il numero di atomi del metallo, occorre confrontare la composizione di tutte le altre molecole contenenti lo stesso elemento e scoprire il peso di esso che entra costantemente intero. [4] Entrando sempre un peso costante dello stesso elemento (o un suo multiplo intero) nel peso molecolare di uno dei suoi composti, può solo significare che quella quantità costante che entra nei vari composti deve chiamarsi «atomo».

Cannizzaro riuscì così a fare accettare la seguente proposta: «Si propone di adottare concetti diversi per molecola e atomo, considerando MOLECOLA la quantità più piccola di sostanza che entra in reazione e che ne conserva le caratteristiche fisiche e intendendo per ATOMO la più piccola quantità di un corpo che entra nella molecola dei suoi composti» (citato da Solov'ev, pp. 177 – 178) [4]

### LE PROPRIETÀ DELLE SOSTANZE COME INFORMAZIONE STATISTICA

La proposta di attribuire alla molecola le caratteristiche fisiche della sostanza corrispondente non è utilizzabile per scopi didattici. Essa ha le stesse limitazioni della concezione atomica di Dalton. L'«atomo» era per Dalton la più piccola parte di materia che conservava le stesse proprietà della sostanza semplice dell'elemento da cui proveniva. Attribuendo tale proprietà all'atomo, si confonde i due piani della chimica, MICRO e MACRO, che andrebbero distinti fin dall'inizio del corso di chimica. Invece, non è possibile estrapolare, se non come informazione statistica, le proprietà degli oggetti macroscopici (le sostanze semplici o composte) dalle proprietà spesso non misurabili degli oggetti microscopici (atomi, molecole, ecc.).

In una conferenza intitolata *Molecules* del 1873, Maxwell esaminò l'insieme delle prove esistenti sulla natura della materia. La teoria cinetica dei gas forniva la prova che le proprietà della materia potevano essere spiegate dalla conoscenza dei moti delle molecole. La spettroscopia era interpretata quale effetto delle vibrazioni delle molecole, che erano la sorgente degli spettri; la spettroscopia forniva la base per una teoria della struttura molecolare e anch'essa ambiva a spiegare le proprietà della materia. Nel 1873, gli scienziati non riuscivano a conciliare i diversi principi della teoria cinetica e della spettroscopia. Si trattava di discipline con la stessa ambizione scientifica: spiegare il comportamento della materia. Gli studi sulla teoria cinetica dei gas e le indagini spettroscopiche avrebbero determinato la ricerca successiva nella fisica molecolare, che sarebbe confluita nella rivoluzione quantistica.

Nell'ambito della stessa conferenza *Molecules*, Maxwell evidenziò come la più piccola porzione di materia che si poteva sottoporre a un esperimento era composta da milioni di molecole: il moto delle singole molecole non poteva essere osservato. La spiegazione delle cause, da un punto di vista meccanicista, delle proprietà delle sostanze non aveva in ultima analisi il conforto sperimentale. Gli esperimenti in fisica molecolare non potevano quindi pretendere la precisione assoluta, essi fornivano solo una informazione statistica su grandi aggregati di molecole.

<sup>15</sup> Cannizzaro, con il termine «eterene», indica l'«etilene». Presumo che il «cloruro di eterene» sia il composto ottenuto aggiungendo dicloro all'etilene, quindi il 1,2 dicloroetano. Forme isomere di composti organici erano già note dal 1830, ma il fenomeno fu spiegato, credo, da Butlerov (1828 – 1886) nel decennio successivo rispetto a quello di pubblicazione del *Sunto*.

<sup>16</sup> Cannizzaro propone formule non più accreditate dalla comunità dei chimici:  $Al_2Cl_6$  («cloruro di alluminio»),  $Fe_2Cl_6$  («percloruro di ferro»),  $Cr_2Cl_6$  («sequicloruro di cromo»).

<sup>17</sup> Nei manuali di chimica analitica qualitativa, infatti, ad esempio quello del Tuccari – Parigi, si trova la formula  $Hg_2Cl_2$  per il cloruro di mercurio (I) invece di  $HgCl$ , come scrive Cannizzaro nel *Sunto*.

Maxwell sostenne che nella teoria dei gas la probabilità, o certezza morale, delle regolarità delle medie sostituiva la certezza assoluta di un metodo che si occupasse del moto delle singole particelle di materia. Nonostante la stabilità delle medie, tipica di una grande quantità di eventi variabili, in un caso particolare avrebbe potuto verificarsi un evento molto differente da quello atteso in base alla regolarità delle medie, per quanto «siamo moralmente certi che un tale evento non avrà luogo» [2].

I due punti di vista, MICRO e MACRO, per scopi didattici, possono essere collegati dal seguente postulato: «una proprietà macroscopica è il risultato mediato nel tempo di una serie di proprietà microscopiche non misurabili direttamente». [9]

### UNA METODOLOGIA PER LA RICERCA DI NUOVI ELEMENTI

Occorre rilevare che non tutti i chimici dell'ottocento apprezzarono l'idea troppo metafisica di atomo come fondamento della chimica. Si trattava di un'idea che risaliva a Leucippo e Democrito e che aveva acquistato, con Epicuro<sup>18</sup> [10] e con Lucrezio, implicazioni etiche di abbandono di un rapporto superstizioso con la divinità. Scritto cinquanta anni prima della nascita di Cristo, il poema *De Rerum Natura* di Lucrezio è un invito alla *pietas*, contrapposta alla formale *religio* consistente nell'inclinarsi passivamente ai simboli della divinità.

Alcuni chimici, in particolar modo negli ambienti scientifici francesi, sostennero che l'idea di atomo non aveva dignità scientifica, e quindi, non doveva essere considerata «scienza». Celebre, a questo proposito, la frase di Jean Baptiste André Dumas che disse dell'atomo: «Se tanto io potessi, cancellerei dalla scienza questa parola, persuaso che nelle attribuzioni vada oltre i limiti dell'esperienza, la quale dobbiamo studiare di mai oltrepassare». [11] Tuttavia, se fosse stato possibile racchiudere l'idea di atomo in una misura (e quindi in un numero), essa avrebbe assunto realtà (o meglio, impegno ontologico da parte degli scienziati), dignità scientifica e sarebbe stata accolta tra le credenze della comunità degli scienziati. Con il *Sunto*, Stanislao Cannizzaro ridusse in modo sistematico il concetto di atomo alla misura di una grandezza, il «peso atomico».

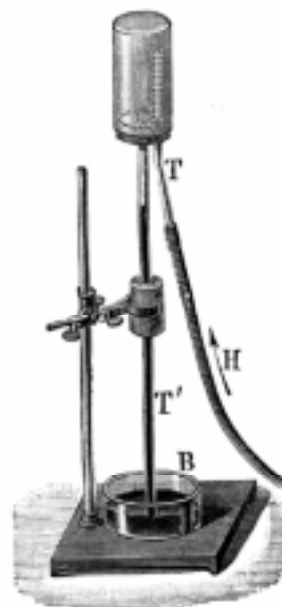
Tra il 1868 e il 1871, Mendeleiev mise in fila gli elementi secondo la loro massa atomica e riconobbe la periodicità delle proprietà chimiche delle sostanze semplici corrispondenti. Così, quando, dal 1898 al 1902, in piena epoca positivista, i coniugi Curie sostennero di aver scoperto un nuovo elemento, il radio, la comunità dei chimici, chiese loro di determinarne il peso atomico. Se ciò che i Curie stavano trattando era ciò che sostenevano essere, il peso atomico del radio, e quindi l'atomo di radio, avrebbe dovuto collocarsi in modo armonico all'interno della tavola periodica degli elementi. Dopo molte determinazioni, il peso atomico di un elemento sconosciuto che aveva proprietà chimiche simili a quelle del bario si attestò sul valore di 225 (vicino a quel 226, attribuito qualche anno dopo). I chimici si arrese-

ro all'evidenza e all'ostinazione di Pierre e Marie Curie: il radio esisteva [12].

**RINGRAZIAMENTI:** desidero ringraziare il prof. Paolo Mirone; con affettuose critiche e una attenta redazione, ha contribuito in modo decisivo al miglioramento dell'articolo.

### BIBLIOGRAFIA

- (1) M. Ciardi, *L'atomo fantasma. Genesi storica dell'ipotesi di Avogadro*, Olschki, Firenze 1995, pag. 82
- (2) P.H. Harman, *Energia, forza e materia*, Il Mulino, Bologna 1984, pp. 128, 150, 151, 155, 165
- (3) F. Abbri, *La chimica italiana dalle origini ad Avogadro in Storia sociale e culturale dell'Italia*, volume V, tomo II: *La storia delle scienze*, a cura di C. Taccagni e P. Freguglia, Bramante Editrice, Busto Arsizio 1989, pag. 408
- (4) J. I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Arnoldo Mondadori, Milano 1976, pp. 144, 153 e 167; pp. 177-178
- (5) F. Thorpe, *Storia della chimica*, S.T.E.N., Torino 1911, pag. 217
- (6) F. Ghisotti, *Dall'alchimia alla chimica*, Fenice 2000, Milano 1994, pag. 63
- (7) S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*; commento e nota storica di L. Cerruti; introduzione di L. Paoloni, Sellerio, Palermo 1991, pp. 24, 32
- (8) L. Cerruti, *Il luogo del «Sunto»*, Sellerio, Palermo 1991, pp. 122 - 123
- (9) Cozzi, Tenca, Caratto, *Chimica. Teoria e pratica*, Garzanti, Milano 2000, vol. I, pag. 36.
- (10) Epicuro, *Lettere*, Fabbri, Milano 2004, 123 - 124, pag. 106 - 107.
- (11) M. Ciardi, *Breve storia delle teorie della materia*, Carocci, Roma 2003, pag. 77
- (12) P. Araldo, *Marie Curie: una vita per la scienza*, Brescia, La Scuola, in «Nuova Secondaria», n.5, a. XXI, 2004, p. 103
- (13) N. Fisher, *Avogadro, the Chemists, and Historian of Chemistry*, «History of Science», XX, 1982, pp. 77 - 102, 212 - 234



Diffusibilità de l'hydrogène.

<sup>18</sup> Nella Lettera a Meneceo [123 - 124] si legge: «Gli dei esistono: perché la loro conoscenza è evidente; ma non esistono nel modo in cui i più li concepiscono, perché non conservano la nozione che hanno. Empio non è chi non riconosce gli dei del volgo. Perché non sono prenozioni, ma ingannevoli supposizioni i giudizi del volgo sugli dei. Da ciò si attribuiscono agli dei i più grandi danni e vantaggi. Essi in realtà, dediti soltanto alle virtù loro proprie, accolgono i loro simili, reputando estraneo tutto ciò che non è tale».

## La definizione nel processo di insegnamento-apprendimento: sintesi concettuale o insieme di parole da ricordare a memoria ?

ALDO BORSESE (\*)

### Riassunto

*Nel contributo si considera il ruolo della definizione nel processo di insegnamento-apprendimento. Si tratta di un tema che può essere utilizzato efficacemente nei corsi rivolti agli insegnanti: facendoli, infatti, esprimere sul loro modo di concepire la definizione, si possono assumere informazioni sul loro atteggiamento didattico in classe.*

*Dopo la presentazione dei risultati di un'indagine condotta su insegnanti in servizio e insegnanti in formazione, si argomentano brevemente le ragioni dell'importanza della definizione come sintesi concettuale facendo riferimento, in particolare, all'ambito scientifico.*

### - introduzione

Quando una parola può assumere funzioni diverse nel discorso, è la sintassi della frase che risolve l'ambiguità permettendoci di individuare quella corretta; per esempio, "studio" vuol dire cose diverse in "lo studio è un'attività essenziale per la crescita culturale di un individuo" e "oggi pomeriggio studio prima Storia e poi Chimica".

Nei casi in cui la parola può assumere connotazioni differenti, ci aiuta invece il contesto comunicativo, la frase che contiene la parola, se è sufficientemente chiara in quanto fa riferimento ad una situazione abbastanza abituale ed è costituita da parole di uso comune; per esempio: "lo studio del dentista è in piazza Palermo" e "lo studio non sempre consente di acquisire concetti e conoscenza reale".

Naturalmente, la sintassi e il contesto comunicativo eliminano l'ambiguità di certe parole quando i possibili significati delle altre parole che si stanno usando nel discorso sono conosciuti da chi ascolta quel dato messaggio. Se l'ascoltatore o il lettore non conoscono i significati di alcune di queste altre parole, non sempre la sintassi e il contesto comunicativo in cui la parola che si vuole far comprendere è inserita risolvono la situazione; è allora necessario ricorrere alla sua definizione esplicita che consente di riconoscerne la specifica connotazione nella situazione comunicativa considerata.

A proposito del ruolo della definizione nel contesto educativo, Bramki e Williams affermano che essa favorisce "la familiarizzazione lessicale" (Bramki e Williams, 1984), rilevando che la connotazione di tale espressione è piuttosto ampia in quanto può essere compresa tra due significati limite: da una parte la semplice "consuetudine all'ascolto di quel certo termine", dall'altra la "comprensione piena del

significato di quel certo termine".

Dal punto di vista didattico sarebbe auspicabile che il ruolo della definizione fosse quello di fissare significati per far condividere significati, assegnando a "significati" una semantica che implica l'"acquisizione concettuale"; la definizione avrebbe, in tal caso, un ruolo fondamentale nella comunicazione: favorire l'apprendimento dei concetti (Anderson e Kulhavy, 1972). Un'altra funzione didattica importante che può essere svolta dalla definizione è quella di migliorare la comprensione linguistica: abituare gli studenti a costruire definizioni li aiuta ad accrescere il controllo su importanti funzioni grammaticali della lingua (Kripke, 1982).

### - forma e tipologia delle definizioni

In generale, le definizioni sono costituite dal termine che si vuole definire (il cosiddetto *definiendum*) e dalla sequenza di parole che definiscono tale termine (il *definiens*). Così, per esempio, "L'Europa è quella parte del mondo che comprende numerosi Paesi quali, tra gli altri: Francia, Italia, Spagna Inghilterra, Svezia, Finlandia, Russia, Albania", "Il Cu(rame) è elemento chimico con numero atomico 29, massa atomica relativa 63.54, densità 8.96 g/ml, punto di fusione 1083°C".

Poiché le definizioni debbono avere utilità conoscitiva, bisogna che il *definiens* sia più noto del *definiendum*; come afferma Peruzzi (Peruzzi, 1997) "dire che il quadrato è un rettangolo equilatero è utile solo se possiamo presumere che le nozioni di rettangolo e di equilatero siano già note e rappresentino un presupposto della nozione di quadrato. Ciò non si verificherebbe se definissimo il quadrato come rettangolo di area minima fra quelli di uguale perimetro".

In quanto ad una classificazione delle definizioni è possibile individuarne un certo numero di tipologie sulla base delle caratteristiche del *definiens*; per esempio (Porcelli et alii, 1990):

- denominazione: quando si collega, attraverso un verbo specifico in forma impersonale o passiva (per esempio dire, chiamare, rappresentare o simili), un elemento informativo generico con uno più specifico. In chimica un esempio di tale tipologia di definizione potrebbe essere il seguente: si chiamano composti gli aggregati di due o più elementi in proporzioni definite e con una determinata struttura cristallina quando si trovano allo stato solido.

- equivalenza: in questa tipologia si utilizza prevalentemente il verbo essere o anche parentesi, virgole o mezzi simili. Sempre facendo riferimento alla chimica, un esempio potrebbe essere: in natura sono più numerosi gli elementi che hanno carattere elettropositivo (metalli) rispetto a quelli che hanno carattere elettronegativo (non metalli).

- caratterizzazione: tale tipologia utilizza fondamentalmente aggettivi o proposizioni con valore aggettivale. A titolo esemplificativo: il mercurio è un metallo ben definito che possiede

\* Università di Genova

proprietà che sono state determinate con precisione.

- analisi: in questa tipologia il *definiendum* viene decomposto nei suoi componenti e le espressioni più utilizzate sono: consiste di, comprende, è composto da, ..... Per esempio: una soluzione è costituita da due o più sostanze pure.

- funzione: si riferisce alle funzioni e alle possibili utilizzazioni dell'oggetto che si vuole definire e utilizza parole come: serve a, permette di, ..... Per esempio: il pH permette di misurare la acidità di una soluzione.

Naturalmente si tratta di una schematizzazione e, in realtà, in molti casi le definizioni appartengono a più categorie contemporaneamente o si collocano tra una tipologia e l'altra.

### - definizioni in ambito scientifico

Un ruolo importante delle definizioni in ambito scientifico è quello di arricchire il lessico specifico con un nuovo termine, per potersi riferire ad un certo pacchetto di proprietà, ottenendo, come risultato, un'economia espressiva che facilita la comprensione (Ennis, 1974; Darien, 1981; Swales, 1981; Flowerdew, 1992). Si pensi a termini quali acido, alogeno, catalizzatore, metallo, riducente in chimica o quali cellula, tessuto, organo, vertebrati, insetti in biologia. Ma si rifletta anche su quanta chimica o quanta biologia dovrebbero conoscere gli studenti perché questi termini possano assumere per loro effettivo significato culturale e non rappresentino, invece, solo nomi da memorizzare!

Occorrerebbe procedere ad una gerarchizzazione dei concetti: per esempio prima di dire che  $\text{NH}_4^+$  è un acido occorrerebbe sapere che cosa è un acido, conoscere il significato dei simboli che rappresentano la specie che si vuole definire, ecc.

### - il questionario<sup>1</sup> e i risultati ottenuti

Sul tema della definizione nella didattica si è effettuata un'indagine coinvolgendo insegnanti di scienze di scuola secondaria della Liguria(42), studenti del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università di Genova(54) e laureati della Scuola di Specializzazione all'insegnamento secondario delle Università di Genova e di Pavia(112).

Si è deciso, a questo proposito, di sottoporli ad un breve questionario per la cui preparazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti con un certo numero di interviste semistrutturate rivolte a insegnanti esperti di scuola secondaria di primo e di secondo grado della provincia di Genova.

Poiché in queste interviste si è constatato che, in generale, il modo di concepire l'insegnamento determina abbastanza il "come", il "quando", il "quanto" e il "perché" vengono utilizzate le definizioni, si è pensato di sfruttare il questionario non solo per assumere informazioni sulla "definizione" ma anche per individuare le concezioni epistemologiche dei partecipanti ai nostri corsi.

A questo proposito, molte ricerche sulle concezioni e sui comportamenti in classe degli insegnanti mettono in evidenza la grande prevalenza di modelli trasmissivi tradizionali e di atteggiamenti dogmatici (Porlan, Rivero, y Del Pozo, 1997), e una riflessione su un tema emblematico come quello dell'uso della definizione nell'insegnamento, un confronto tra le proprie idee e quelle di altri insegnanti o futuri insegnanti favorisce l'acquisizione di atteggiamenti più problematici (Dewey, 1989).

158 Sono state preparate tre domande a scelta multipla in cui si chiedeva quale fosse il ruolo che si riteneva avessero le defi-

nizioni nel processo di insegnamento-apprendimento, in che misura si pensava di utilizzarle e come si riteneva di introdurre. Inoltre, per avere ulteriori informazioni sul significato attribuito all'opzione prescelta, veniva richiesto di giustificare le risposte fornite.

Gli esiti del questionario, come già sottolineato, sono stati discussi nell'ambito degli insegnamenti prima citati allo scopo di favorire una riflessione sui possibili modelli di interazione in classe e di permettere un confronto produttivo tra i differenti punti di vista emersi. Sono riassumibili nei seguenti:

a) Facendo riferimento alla prima domanda, quella riguardante il ruolo della definizione nell'insegnamento, in cui le opzioni previste erano fondamentale, importante, secondario, trascurabile, i risultati sono stati i seguenti:

"fondamentale" 32%, "importante" 49%, "secondario" 15%, "trascurabile" 4%.

In quanto alle motivazioni addotte dagli intervistati che, come sottolineato, dovevano giustificare la risposta fornita, le principali sono riassumibili nelle seguenti:

·Per la opzione "fondamentale":

- se non si sa dare la definizione di un concetto vuol dire che non si è compreso

- in ambito scientifico sono indispensabili

- solo partendo da definizioni esatte e non ambigue è possibile costruire teorie coerenti

- permettono allo studente di costruirsi un ordine mentale

- se non si hanno le idee chiare non si può progredire in alcun percorso

·Per la opzione "importante":

- per evitare fraintendimenti nell'uso di termini, significati o concetti

- perché gli studenti migliorano le loro capacità linguistiche

- permettono di fissare concetti fondamentali

- aiutano a ricordare le cose essenziali, insegnano a sintetizzare e ad usare un linguaggio specifico

- eliminano ambiguità

- servono a condividere significati

·Per la opzione "secondario":

- è più importante comprendere che definire

- l'insegnamento deve fondarsi soprattutto sul laboratorio

- più che definire è importante saper integrare le informazioni

- poiché sono in genere imparate a memoria, corrono il rischio di rimanere senza significato

·Per la opzione "trascurabile":

- conducono gli studenti a non porsi domande ma ad accettare passivamente e a studiare a memoria

- se l'insegnamento deve essere attivo, non si deve lavorare con le definizioni

b) Rispetto alla seconda domanda, che riguardava "quanto" utilizzare le definizioni, i risultati sono stati i seguenti: tutte le volte che posso/potrò (20%); mai (nessuna preferenza); meno che posso/potrò (5%); in alcuni casi (75%).

Ecco le motivazioni indicate:

·Per la opzione "tutte le volte che posso/potrò":

- perché consentono di concludere il lavoro su un concetto e riassumono ciò che viene detto

- in quanto consentono di far entrare in testa i concetti

- poiché eliminano le ambiguità

·Per l'opzione "meno che posso/potrò" sono state:

- in quanto i concetti debbono essere capiti e non ripetuti e le parole possono cambiare

- rischiano di favorire la memorizzazione a scapito della

<sup>1</sup> Le tre domande del questionario sono nell'appendice 1

comprensione

·In quanto all'opzione "in alcuni casi":

- tutte le volte che si affrontano problemi o situazioni in cui la mancanza di definizioni potrebbe indurre a errori interpretativi

- quando faranno parte del processo di comprensione

- quando sarà necessario

- nei casi in cui sia strettamente necessario utilizzerò solo le definizioni, altrimenti anche le definizioni

- non sempre è giusto dare definizioni, si può correre il rischio di condizionare o "stereotipare" il ragionamento dell'allievo

c) In relazione alla terza domanda, che riguardava il "come", i risultati sono stati: come conclusione del lavoro sopra un concetto (49%), come premessa affinché gli studenti conoscano il significato dei concetti che si usano durante la lezione (35%), come aiuto per capire meglio ciò che si sta spiegando (15%), non le introduco/introdurrei (1%).

Le motivazioni principali sono state:

·Per l'opzione "come conclusione del lavoro svolto":

- per riassumere in modo conciso ma preciso le caratteristiche, le funzioni di ciò che si è spiegato

- in quanto le definizioni hanno il compito di racchiudere in poche parole la complessità di un concetto

- perché preferisco che gli studenti "si creino" autonomamente le loro convinzioni

- sarebbe rischioso introdurre la definizione prima di un lavoro concreto su un concetto

·Per l'opzione "come premessa...":

- in quanto la condivisione dei significati rappresenta il primo passo nel processo di insegnamento-apprendimento

- partendo dalla definizione costruisco l'attività

- come spunto su cui discutere

·Per l'opzione "come aiuto per capire meglio ....":

- la scuola deve fornire strumenti per "affrontare la realtà", non parole sterili.

- spesso partire dalla sola definizione finale può essere fuorviante

- possono essere definite una "sovrastuttura"

#### - discussione dei risultati ottenuti

Secondo l'autore occorrerebbe che la definizione, almeno a livello della scuola dell'obbligo, non rispondesse ad una esigenza di caratterizzazione formale ma assumesse un significato concretamente operativo, come espressione del significato costruito attraverso il percorso didattico realizzato in classe, ancorata possibilmente ai fatti osservati. Insegnare agli alunni a produrre definizioni operative potrà favorire anche la capacità di espressione e di comprensione linguistica.

Dall'esame delle risposte ottenute nell'indagine si possono trarre alcune indicazioni interessanti sui soggetti coinvolti e rilevare atteggiamenti differenti nei confronti del processo di insegnamento-apprendimento. La cosa sorprendente e incoraggiante per chi si occupa di formazione degli insegnanti è che le persone intervistate sembrano contraddire i dati delle molte ricerche internazionali sul tema del modo di porsi degli insegnanti nei confronti dell'insegnamento: gli atteggiamenti dogmatici, infatti, sembrano appartenere, facendo riferimento alle risposte ottenute, ad una piccola minoranza del campione. La maggior parte dei soggetti coinvolti sembra attenta alla comprensione, e anche chi utilizza o intende utilizzare molto le definizioni nel proprio insegnamento, le vede in generale, come uno degli strumenti da utilizzare e non come la sintesi di qualcosa di già dato. Certa-

Novembre - Dicembre 2004

mente un conto sono le intenzioni e altro sono poi le azioni didattiche concrete nella classe (Lumbelli, 1982 e 1984), ma si può sicuramente affermare che l'esito dell'esperienza compiuta mostra che far lavorare su una problematica come questa gli insegnanti e i futuri insegnanti li aiuta ad accrescere la consapevolezza sulla complessità del compito educativo e ridimensiona le loro eventuali certezze.

#### - conclusione

in una visione costruttivista dell'apprendimento parlare di "fissare significati" può apparire fuori luogo. Occorre, pertanto, sottolineare che questa espressione non si intende far corrispondere a quella di "significato fisso". Non si vuole, infatti, affermare che le definizioni sono acontestuali, atemporali e universali. Debbono invece essere concepite in continua evoluzione e strettamente dipendenti dall'enciclopedia posseduta da chi le formula. Ma enunciarle in una determinata situazione didattica dopo averle negoziate con i propri compagni le rende strumenti fondamentali di crescita culturale autonoma. In uno studio collaborativo e costruttivo, fissare con parole, di tanto in tanto, le conclusioni cui si è giunti, i concetti emersi favorisce la riflessione, l'esplicitazione delle differenti esperienze, stimola la discussione, le inferenze e, conseguentemente, l'evoluzione stessa dei significati. In una situazione didattica opportunamente guidata questo approccio potrebbe essere considerato particolarmente adatto come percorso di costruzione progressiva della conoscenza..

E quando l'insegnante, nella parte conclusiva di un dato tratto di percorso didattico, aiuta i suoi alunni a giungere ad una formulazione unica della definizione di quel certo concetto, dovrà far precedere questa conclusione da ragionamenti, discussioni che permettano agli alunni di condividere quella formulazione.

Occorre evitare che per gli studenti le definizioni rispondano solo ad una esigenza di caratterizzazione formale e lavorare in modo che invece assumano per essi il significato di sintesi concettuale. E, per andare in questa direzione, è necessario che l'uso del termine-concetto si abbia solo quando lo studente ha acquisito gli strumenti che gli permettono di comprenderlo, di applicarlo e, possibilmente, di essere consapevole di tale uso.

Dunque, quando la definizione rappresenta la conclusione del lavoro di costruzione del significato di un concetto, permette di "fissare" sintetizzandolo tale significato. Ma è fondamentale essere consapevoli sia del fatto che in una logica costruttivista vi sono diversi livelli di definizione in relazione agli strumenti cognitivi posseduti dagli studenti nell'ambito di una certa teoria di riferimento sia che, corrispondendo quella certa definizione ad una ben determinata teoria, evolvendo o cambiando la teoria soggiacente, muterà anche la definizione. L'importante funzione della definizione di "fissare" significati non deve, cioè, far perdere mai di vista la sua provvisorietà, la sua stretta dipendenza dal contesto, dalla teoria di riferimento, i suoi limiti di validità.

#### - riferimenti bibliografici

- 1) Anderson R.C. and Kulhavy W.(1972), *American Educational Research Journal*, vol. 9, n.3, pp.385-390
- 2) Bramki D. and Willimas R.(1984), Lexical familiarization in economics text books, *Reading in a Foreign Language 2/1*, pp.169-181
- 3) Darien S.(1981), The role of definitions in scientific and technical writing: forms, functions and properties, *English*

*Language Research Journal*, 2, pp.41-56

- 4) Dewey J.(1989), *Cómo pensamos: nueva exposición entre pensamiento y proceso educativo*, Barcelona, Paidós
- 5) Ennis R.H.(1974), Definition in Science Teaching, *Instructional Science*,3, pp.285-298
- 6) Flowerdew J.(1992), Definitions in science lectures, *Applied Linguistics*, vol. 13, n.2, pp.202-221
- 7) Kripke S.(1982), *Nome e Necessità*, Torino, Boringhieri
- 8) Lumbelli L.(1982), *Psicologia dell'educazione, I, La comunicazione*, Bologna, Il Mulino
- 9) Lumbelli L.(1984), Per una diagnosi della comprensibilità, in *Riforma della Scuola*, n.3, pp.23-32
- 10) Peruzzi L.(1997), *Definizione*, Scandicci(Firenze), La

Nuova Italia

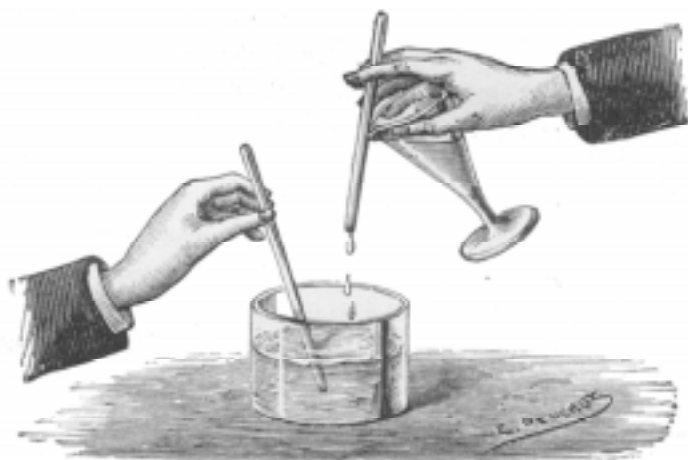
- 11) Porcelli G. et alii (1990), *Le lingue di specializzazione e il loro insegnamento*, Milano, Vita e Pensiero
- 12) Porlan R., Rivero A., Del Pozo M.R.(1997), Conocimiento Profesional y epistemología de los profesores, I, *Enseñanza de las ciencias*, vol.15, pp. 271-288
- 13) Swales J.(1981), Definitions in Science and Law. Evidence for subject-specific course components?, *Fachsprache* 81/3, pp. 106-112

#### Appendice 1 (domande del questionario)

- 1) secondo il tuo punto di vista, che ruolo hanno le de-

finizioni nel processo di insegnamento-apprendimento?

- a) fondamentale
  - b) importante
  - c) secondario
  - d) trascurabile
  - e) altro (specificare)
- 2) in che misura utilizzi/utilizzerai le definizioni nel tuo (futuro) insegnamento?
- a) tutte le volte che posso/potrò
  - b) mai
  - c) meno che posso/potrò
  - d) in alcuni casi
  - e) altro(specificare)
- 3) come le introduci/introdurresti?
- a) come conclusione del lavoro sopra un concetto
  - b) come premessa affinché gli studenti conoscano il significato dei concetti che si usano durante la lezione
  - c) come aiuto per capire meglio ciò che si sta spiegando
  - d) non le introduco/introdurrei
  - e) altro(specificare)



Action de l'acide chlorhydrique sur une solution de soude.

# Primo incontro con la tavola periodica degli elementi

## Un approccio storico epistemologico all'insegnamento della chimica

*Per condurre i miei allievi al medesimo  
convincimento che io ho, gli ho voluti porre  
sulla medesima strada per la quale io ci sono giunto,  
cioè per l'esame storico delle teorie chimiche.  
Stanislao Cannizzaro, 1855*

---

ALBERTO REGIS<sup>o</sup>

EZIO ROLETTO<sup>\*</sup>

---

### Riassunto

*Si suggerisce spesso di utilizzare la storia della chimica nell'insegnamento della disciplina, in base ad un possibile parallelismo tra i processi di apprendimento e le tappe di elaborazione del sapere scientifico. In questo articolo viene presentata una sequenza didattica nella quale si mette in pratica tale suggerimento, concepita allo scopo di portare gli studenti a costruire i fondamenti della tavola periodica degli elementi sulla base delle informazioni di cui disponeva Mendeleev. Nella sequenza si ricorre a situazioni di apprendimento di tipo problematico e si limita l'attenzione ai soli aspetti empirici della periodicità (proprietà macroscopiche). Gli allievi sono portati a confrontare le loro idee con quelle di Mendeleev e le attività proposte permettono anche di mettere in gioco e distinguere due concetti importanti, quelli di sostanza semplice e di elemento, quasi sempre confusi nell'insegnamento.*

### Abstract

*It is frequently suggested that the history of chemistry can be used in teaching the subject on the account of supposed parallels between the learning process and the development of science. This idea is put into practice in the teaching sequence described in this paper, aimed at bringing high-school students to build up the foundations of the periodic table of the elements. Learning situations are based on thought provoking problems concerning the macroscopic properties of simple substances: to answer these questions, students may refer to the same informations used by Mendeleev to build up the principle of periodicity. The learning situations bring the students to deal also with two important chemical concepts: those of simple substance and element which are frequently confused in teaching.*

### 1 – INTRODUZIONE

La periodicità delle proprietà degli elementi è un concetto fondamentale della chimica. Dato che ogni sostanza semplice è costituita da un solo tipo di elemento, esso riflette il fatto che le sostanze semplici mostrano andamenti regolari

delle loro proprietà chimiche a intervalli pure regolari. Grazie a ciò, non è necessario imparare le proprietà empiriche di tutte le sostanze semplici; se si conoscono le proprietà di un numero ristretto di queste, è possibile assumere alcuni elementi come «rappresentanti» ognuno di una famiglia o gruppo. L'elaborazione del sistema periodico degli elementi è il prodotto finale di una lunga serie di tentativi, compiuti da diversi scienziati, per cercare di «mettere ordine» nel mondo delle sostanze semplici, organizzando quelle conosciute in base alle loro proprietà fisiche e chimiche. Se formalmente la nascita del sistema periodico viene attribuita a Mendeleev, ciò dipende dal fatto che egli non si limitò a classificare gli elementi conosciuti verso la fine del diciannovesimo secolo, ma propose un «modello di periodicità» di cui analizzò le conseguenze e che gli permise anche di ipotizzare l'esistenza di nuovi elementi e di avanzare previsioni relative alle loro proprietà.

La portata razionalizzatrice della tavola periodica è espressa in modo mirabile da Oliver Sacks [1] che, richiamando i propri ricordi di adolescente appassionato di chimica, scrive:

All'improvviso fui travolto al pensiero di quanto la tavola periodica dovesse essere sembrata sorprendente ai chimici che la videro per primi, chimici che avevano una profonda familiarità con alcune famiglie di elementi, ma che non avevano mai compreso la base di quelle famiglie, né come esse potessero confluire a comporre un unico schema di ordine superiore. ....

*L'aver percepito un'organizzazione generale, un principio di ordine superiore che univa e metteva in relazione tutti gli elementi, aveva qualcosa di miracoloso e di geniale.*

Le espressioni entusiastiche di Sacks nei riguardi del sistema periodico sono pienamente giustificate, se si tiene conto che, dal momento della sua elaborazione, le basi teoriche su cui si regge non sono mai state messe in discussione [2]. In questo lavoro viene presentata una proposta didattica per l'insegnamento della classificazione periodica nella scuola secondaria che presenta due aspetti interessanti. In primo luogo, il fatto di condurre gli allievi a costruire essi stessi la struttura portante della tavola periodica, il che consente loro di appropriarsene in quanto oggetto di un cammino personale di elaborazione di strumenti di conoscenza e non di considerarla semplicemente come una classificazione già

<sup>o</sup> Istituto Tecnico Statale "Quintino Sella" – Biella – reg.al@aliceposta.it

<sup>\*</sup> Dipartimento di Chimica Analitica – Università di Torino – ezio.roletto@unito.it

confezionata. In secondo luogo, l'adozione di un approccio «storico epistemologico» nel quale il concetto di periodicità viene prima costruito sulla base di dati empirici; soltanto in un secondo tempo potrà essere interpretato a livello microscopico in riferimento alla struttura degli atomi degli elementi. Tale approccio risulta, dal punto di vista educativo, enormemente più ricco di quello tradizionale che presenta le varie conoscenze ormai sistematizzate e porta spesso a trascurare, nella costruzione del sapere, le diverse ipotesi e le incongruenze iniziali che, dopo vari tentativi, portano ad un principio generale, sia questo una legge, una teoria o, come in questo caso, una classificazione. Come ha scritto Teichmann [3] a proposito delle varie possibilità di usare la storia delle scienze a fini didattici: *Lo sviluppo di un problema contribuisce ad una maggior chiarezza rispetto alla trattazione sistematica del problema, poiché le difficoltà emerse e succedutesi nella storia possono essere considerate analoghe alle difficoltà di comprensione degli allievi.* La sequenza illustrata in questo articolo si ispira a una proposta [4] avanzata da Bernadette Bensaude-Vincent e Dominique Rebaud e mira essenzialmente a portare gli allievi a «ricostruire» la struttura portante della tavola periodica, ragionando sulle informazioni chimiche di cui disponeva Mendeleev. Questa affermazione deve essere intesa in modo corretto. Non è possibile che gli allievi dispongano dell'insieme di conoscenze chimiche che gli studiosi avevano elaborato alla metà del diciannovesimo secolo. È però possibile portarli a porsi gli stessi interrogativi che si pose Mendeleev, mettendo a loro disposizione le stesse informazioni di cui disponeva il chimico russo: i pesi atomici degli elementi e le proprietà fisiche e chimiche delle sostanze semplici e di alcune sostanze composte. L'approccio storico presenta il vantaggio di far ripercorrere agli allievi il cammino intellettuale percorso da Mendeleev, evidenziando le difficoltà e le varie ipotesi che sono state successivamente ritenute accettabili o scartate.

## 2 – LA SEQUENZA DIDATTICA

La sequenza proposta consta di una serie di attività di apprendimento, nel corso delle quali gli allievi sono posti in una situazione attiva, in quanto si richiede loro di reinventare e ricostruire la struttura portante della tavola periodica. La sequenza è stata sperimentata nel corso di diversi anni in più classi. In questo articolo vengono riportati i risultati relativi a due classi terze di un Istituto Tecnico; tali risultati sono particolarmente interessanti dato che gli studenti avevano già affrontato questo argomento in un corso di chimica di base in anni precedenti. Tenendo conto dei risultati ottenuti con queste classi, si propone di utilizzare la sequenza nel corso di chimica di base.

### Attività 1

Nel corso della redazione del trattato di chimica destinato ai propri studenti, Mendeleev cercò di identificare un qualche concetto unificante che gli permettesse di riunire tutti gli elementi conosciuti in un numero limitato di categorie: in

questo modo, avrebbe potuto evitare ai propri studenti di studiare a memoria le proprietà chimiche e le principali reazioni di ogni singolo elemento. A questo fine, egli aveva raccolto le proprietà individuali degli elementi su una serie di cartellini, usandone uno per ogni elemento. Aveva quindi cercato di ordinare le schede secondo diversi criteri, più o meno plausibili. Tutti i tentativi si rivelarono infruttuosi sino a quando le ordinò in base ai pesi atomici crescenti, si rese allora conto che le proprietà delle sostanze si ripetevano ad intervalli, anche se di ampiezza variabile [5].

Al fine di porre gli allievi di fronte ad un problema, si fornisce ad ognuno un foglio di carta di formato A2<sup>1</sup> e un insieme di diciannove tessere relative ai seguenti elementi: potassio, idrogeno, litio, boro, berillio, magnesio, alluminio, bromo, cloro, zolfo, sodio, calcio, silicio, ossigeno, fluoro, arsenico, carbonio, azoto, fosforo. Nella Figura 1 è riportata come esempio la tessera dell'alluminio. Viene poi assegnata la seguente consegna: *Ognuno di voi ordini, nel modo che ritiene più opportuno, le tessere che ha ricevuto incollandole sul foglio di carta. Sullo stesso foglio espliciti, in ordine di importanza, i criteri adottati per ordinare le tessere.*

NOME: ALLUMINIO	simbolo: Al
Peso atomico: 27	
Proprietà della sostanza semplice alluminio: metallo bianco, buon conduttore di calore e di elettricità	
Tf = 660 °C      Te = 2467 °C	
1)	si ossida all'aria
2)	reagisce facilmente con acido cloridrico e lentamente con acido solforico diluito formando H <sub>2</sub>
3)	reagisce con Cl <sub>2</sub>
Formule delle sostanze composte	
AlCl <sub>3</sub> , AlH <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	

Figura 1 - La tessera relativa all'Alluminio

Nelle tabelle 1 e 2 sono riportati i risultati di due diverse classi terze (anni scolastici 2001/2002 e 2002/2003). Nella prima colonna sono elencati i criteri utilizzati dagli allievi per ordinare le tessere. Nelle colonne seguenti, sono indicate le priorità con cui vengono utilizzati i vari criteri.

Tabella 1 - Risultati relativi all'anno scolastico 2001/2002

CRITERIO	1°	2°	3°
Peso atomico	4	5	2
Proprietà Fisiche e chimiche		1	
Stato fisico	10	3	
Metalli – non metalli	1	1	
Particolarità	1 <sup>^</sup>	3*	1 <sup>#</sup>

<sup>1</sup> La scelta di tale formato non è casuale: infatti la larghezza del foglio A2, disposto orizzontalmente, consente di allineare al massimo sette tessere della larghezza di circa 6,2 cm. Questa è dunque la dimensione da rispettare nella preparazione delle tessere da distribuire agli studenti.



**Tabella 2** - Risultati relativi all'anno scolastico 2002/2003

CRITERI	1°	2°	3°	4°
Peso atomico	4	3	2	1
Propr. fisiche e chimiche		1		
Stato fisico	5		1	
Metalli – non metalli	1	2	1	
Particolarità		1 <sup>x</sup>		

La classe cui si riferisce la Tabella 1 era formata da sedici allievi, dieci dei quali ritengono che lo stato fisico delle sostanze semplici sia il criterio più importante cui fare riferimento per «mettere ordine» tra gli elementi. Il peso atomico viene scelto da nove studenti: quattro lo usano come primo criterio, cinque come secondo. Non è molto diversa la situazione del gruppo di dieci allievi che componevano la classe cui si riferisce la Tabella 2. Se si tiene conto che la Tavola Periodica è uno degli argomenti affrontati dagli studenti nei corsi di chimica di base, è evidente che l'apprendimento di questi soggetti non può essere ritenuto significativo. Inoltre, la discussione collettiva dei risultati ha permesso di mettere in evidenza che gli studenti non solo hanno difficoltà ad esplicitare la differenza tra «ordinare» e «classificare», ma ritengono che costruire una classificazione non sia un'attività scientifica degna di nota. Nella casella denominata «Particolarità» sono stati raccolti alcuni criteri che rivelano concezioni difformi con cui è necessario fare i conti, mentre spesso gli insegnanti si limitano a liquidarle come sbagli clamorosi. Nella Tabella 1, tre allievi (simbolo \*) hanno utilizzato come criterio l'ordine alfabetico, mentre uno studente (simbolo #) ha scelto, come terzo criterio, di distinguere tra molecole biatomiche e monoatomiche. Infine, in un caso (simbolo ^), viene usato come primo e unico criterio per ordinare gli elementi la temperatura di ebollizione delle sostanze semplici (in ordine crescente); naturalmente, in questo caso, dopo avere affiancato sette tessere sul foglio da disegno, è necessario «andare a capo»: si ricorre così a un criterio implicito di periodicità, che viene legata alla mancanza di spazio sul foglio. Per altro, questa situazione è comune a tutti gli allievi che fanno ricorso unicamente al criterio del peso atomico crescente.

Nella Tabella 2, il numero contrassegnato da una crocetta (simbolo <sup>x</sup>) si riferisce a uno studente che ha scelto di considerare come elementi «fondamentali» carbonio, ossigeno e idrogeno; si può pensare che l'incontro con i composti organici in un corso precedente di biologia abbia pesato fortemente sul suo operato.

A questo punto, l'insegnante consegna ad ogni studente un testo (allegato 1), tratto dagli scritti di Mendeleev, nel quale lo scienziato mette in evidenza le ragioni per cui è opportuno scegliere il «peso atomico»<sup>2</sup> e le proprietà dei «corpi semplici» come criteri per la loro classificazione. La consegna è di leggere attentamente il testo a casa in quanto servirà per l'attività successiva.

<sup>2</sup> Si è preferito fare riferimento al «peso atomico» piuttosto che alla «massa atomica relativa», poiché, privilegiando l'aspetto storico, non è parso opportuno entrare in contraddizione con le affermazioni di Mendeleev riportate nell'allegato 1: un breve estratto dei «Principi di chimica» nell'edizione del 1871.

**Attività 2**

L'insegnante distribuisce una nuova serie delle tessere usate per l'attività precedente. Gli allievi vengono invitati a ordinarle nuovamente, su di un nuovo foglio di formato A2, aiutandosi con le indicazioni ricavate dalla lettura del testo di Mendeleev; inoltre sono invitati a esplicitare, sullo stesso foglio, i criteri utilizzati per eseguire la consegna. Nelle Tabelle 3 e 4 sono riportati i risultati relativi agli allievi delle classi già ricordate (nell'anno scolastico 2002/03 gli allievi sono solo otto su dieci).

**Tabella 3** - Risultati relativi all'anno scolastico 2001/2002

CRITERI	1°	2°
Peso atomico	13	3
Propr. fisiche e chimiche	1	
Stato fisico	1	2
Metalli – non metalli	1	1
Particolarità	—	—

**Tabella 4** - Risultati relativi all'anno scolastico 2002/2003

CRITERI	1°	2°	3°
Peso atomico	8		
Propr. fisiche e chimiche		7	
Stato fisico		1	
Metalli – non metalli	—	—	—
Particolarità			4'

Come si può notare, in entrambe le classi la maggior parte degli studenti accetta le conclusioni cui Mendeleev era pervenuto nel 1871; tuttavia, nonostante Mendeleev faccia esplicitamente riferimento ai due criteri che combinati tra loro «creano» la struttura della classificazione, alcuni studenti continuano ad utilizzare schemi personali i quali prevalgono sulle regole suggerite da un'altra persona. Nella Tabella 4 è molto interessante il fatto che quattro allievi (indicati con un puntino nero) introducano un terzo criterio, sostenendo che l'idrogeno e il bromo vanno classificati in modo indipendente da tutti gli altri elementi; essi giustificano questa scelta affermando che si tratta di due elementi dotati di caratteristiche così diverse da quelle degli altri, che non possono appartenere ad alcuna delle famiglie individuate dai primi due criteri. In effetti, l'idrogeno è gassoso e non possiede certe caratteristiche del litio, del sodio e del potassio; diversa è la situazione del bromo, la cui similitudine con fluoro e cloro viene negata solo per il differente stato fisico. Tuttavia questa scelta può essere spiegata tenendo presente che, come si è visto nell'attività precedente, quest'ultima caratteristica è tenuta in grande considerazione da un buon numero di studenti.

**Attività 3**

Prima di Mendeleev, altri scienziati avevano tentato di organizzare in qualche modo gli elementi conosciuti. Al fine di porre gli allievi nel contesto in cui operò lo scienziato russo, è opportuno richiamare le proposte avanzate da Döbereiner e Newlands che certamente Mendeleev non ignorava.

In questa attività gli allievi vengono riuniti in piccoli gruppi di lavoro. Viene quindi fornita ad ogni allievo una copia del testo che figura nell'allegato 2. La consegna impartita ad ogni gruppo è sempre la stessa: *Ordinate, nel modo che ritenete più opportuno, le tessere che vi sono state consegnate, dopo avere letto e discusso i testi che avete a disposizione (allegati 1 e 2). Sullo stesso foglio, esplicitate, in ordine di importanza, i criteri utilizzati.*

A questo punto, gli allievi si trovano a disporre delle stesse informazioni di cui disponeva Mendeleev quando si pose l'obiettivo di individuare un criterio che gli permettesse di ordinare in un qualche modo gli elementi allora conosciuti. Nelle Tabelle 5 e 6 sono riportati i dati relativi a questa attività di gruppo condotta nelle due classi citate (nell'anno scolastico 2002/2003 gli allievi sono solo nove su dieci). Per favorire un confronto con le tabelle precedenti, vengono forniti i dati di tutti gli allievi anche se l'attività è stata condotta in gruppo; nell'anno 2001/2002, i sedici allievi hanno lavorato in quattro gruppi, mentre l'anno successivo i nove allievi hanno lavorato in tre gruppi.

**Tabella 5** - Risultati relativi all'anno scolastico 2001/2002

CRITERI	1°	2°
Peso atomico	16	
Prop. fisiche e chimiche		16

**Tabella 6** - Risultati relativi all'anno scolastico 2002/2003

CRITERI	1°	2°	3°
Peso atomico	6	3	
Prop. fisiche e chimiche	3	6	
Idrogeno senza famiglia			6

In questa attività, ogni allievo porta, come contributo al lavoro del gruppo, le classificazioni elaborate nelle attività precedenti; in questo modo viene favorita, se non assicurata, la partecipazione attiva di ogni studente alla costruzione della classificazione richiesta. Può sembrare illogico il fatto che gli studenti ricevano prima il testo di Mendeleev (allegato 1) e successivamente informazioni anteriori a questo (allegato 2), ma l'adesione stretta al decorso storico degli eventi non è un criterio vincolante e può cadere di fronte alle esigenze didattiche. Dalle Tabelle 5 e 6 risulta evidente che il peso atomico e le proprietà fisiche e chimiche sono i due criteri ritenuti prioritari da tutti gli studenti, anche se in un gruppo della classe cui si riferisce la Tabella 6 viene invertita la loro gerarchia; si nota anche che i 2/3 della classe sono ben convinti che l'idrogeno costituisca gruppo a sé. Gli allievi di questi gruppi hanno scelto tutti di disporre il bromo sotto al fluoro e al cloro. Nel corso della discussione collettiva, è emerso che quest'ultima scelta è la conseguenza della forte influenza esercitata dalla proposta delle triadi di Döbereiner.

Rimane però aperto il problema della posizione dell'arsenico. Gli studenti scelgono di collocarlo in parte nel gruppo del boro e, in parte, nel gruppo dell'azoto. Nel primo caso, essi giustificano la scelta appellandosi alle formule delle sostanze composte riportate sulle tessere (valenza III). Gli studenti che scelgono il gruppo dell'azoto giustificano la loro

decisione affermando di tenere conto anche degli intervalli di peso atomico tra un elemento e il successivo: essi ritengono troppo grande il salto tra il valore 40 del calcio e il valore 75 dell'arsenico. In altri anni scolastici, alcuni allievi, sempre sulla base di questo criterio, hanno scelto di collocare l'arsenico sotto lo zolfo; altri, hanno preferito posizionarlo sotto il silicio, giustificando la decisione con il fatto che l'arsenico presenta anche caratteristiche metalliche.

#### Attività 4

Le difficoltà incontrate nell'attività 3 e la successiva discussione sono originate da un problema interessante: i posti disponibili per collocare l'arsenico e il bromo sono cinque, in base a quale criterio (o a quali criteri) si deve decidere? Per Newlands, gli inconvenienti più gravi vennero proprio dal fatto che egli cercò di occupare tutte le caselle disponibili; al contrario, Mendeleev credette a tal punto nella propria ipotesi da lasciare libere alcune posizioni, prevedendo non solo l'esistenza di nuovi elementi, ma anticipandone le proprietà. Per porre gli studenti in una situazione capace di simulare i problemi concettuali che dovette affrontare Mendeleev, ad ognuno viene consegnata una copia dell'allegato 3 e le tessere degli elementi arsenico, bromo, cloro e alluminio con la seguente consegna: *Ognuno di voi collochi nella posizione che ritiene più opportuna gli elementi As (peso atomico 75), Se (peso atomico 79,4) e Br (peso atomico 80).*

All'arsenico e al bromo viene dunque aggiunto il selenio; dei cinque posti disponibili, due devono restare vuoti. Nel corso degli anni, gli studenti hanno dato tutte le risposte possibili. Seguendo esclusivamente il criterio del peso atomico crescente, alcuni hanno proposto questa configurazione:

1	Al	Si	P	S	Cl
Zn	As	Se	Br		

Immediata è la critica da parte dei compagni, poiché non si rispetta il criterio delle proprietà fisiche e chimiche delle sostanze semplici. Qualche studente ripropone comunque l'arsenico sotto all'alluminio, dato che le rispettive proprietà non sono totalmente diverse (si possono individuare alcune similitudini) e d'altra parte le proprietà di cloro e bromo sono simili.

2	Al	Si	P	S	Cl
Zn	As	Se	*	*	Br

Resterebbe da sistemare il selenio di cui gli studenti non hanno la tessera (dispongono solamente del suo peso atomico). Vengono scartate intanto le due proposte che seguono, poiché sono parecchi gli allievi che ritengono non corretto porre l'arsenico sotto il silicio.

3	Al	Si	P	S	Cl
Zn	*	As	*	Se	Br

4	Al	Si	P	S	Cl
Zn	*	As	Se	*	Br

Rimangono due sole configurazioni alternative alla 2: quelle indicate con i numeri 5 e 6. Nella configurazione 6, il selenio è collocato sotto lo zolfo come nella configurazione 5 la quale ha in comune con la configurazione 2 la posizione dell'arsenico.

5	Al	Si	P	S	Cl
Zn	As	*	*	Se	Br

6	Al	Si	P	S	Cl
Zn	*	*	As	Se	Br

Se gli allievi si rendono conto che la classificazione di un elemento dipende anche da quelli che ha accanto, essi richiederanno le carte d'identità del selenio, dello zolfo, del fosforo. Il professore può fornire queste carte, ma può anche invitare gli allievi a sfruttare fino in fondo il criterio del peso atomico: nelle classificazioni 2 e 5, tra il peso atomico dello zinco e quello dell'arsenico c'è un «salto» di 10 unità. In nessun'altra parte della tavola si osserva un divario di tale entità tra due elementi consecutivi sulla stessa riga. Se, come Mendeleev, crediamo nella regolarità della legge periodica (ma va sottolineato che si tratta di una fiducia, quasi di una fede razionale), questa irregolarità deve essere un argomento per preferire altre classificazioni tra quelle possibili. Si esamina allora la classificazione 6, a favore della quale figurano le seguenti considerazioni:

- 1) l'intervallo tra i valori di peso atomico dell'arsenico e dello zinco è notevole, da 65 si passa a 75;
  - 2) l'intervallo tra i valori di peso atomico tra arsenico, selenio e bromo sono simili a quelli riscontrabili nel resto della classificazione;
  - 3) le proprietà degli elementi arsenico e fosforo erano state ritenute simili nella attività precedente;
  - 4) le proprietà degli elementi bromo e cloro sono simili.
- Se non è stato fatto in precedenza, è il momento di distribu-

ire le tessere del fosforo, del selenio e dello zolfo: gli studenti vedranno così confermate le loro supposizioni.

A questo punto, l'insegnante consegna agli allievi la riproduzione della classificazione di Mendeleev nella sua versione originale del 1869 (Allegato 4). Si noterà che la presentazione è inversa rispetto alle Tavole divenute classiche: i gruppi di elementi simili stanno sulla stessa riga, ed i «periodi» sono ordinati in verticale; questo mostra che la funzione periodica può essere rappresentata nello spazio in vari modi, e storicamente sono state proposte le forme più diverse, in due o tre dimensioni.

Conviene portare l'attenzione soprattutto sui due elementi incogniti che Mendeleev ha posto tra i pesi atomici 65 e 75; in questo caso, gli allievi saranno messi nella condizione di confrontare il proprio lavoro con quello di Mendeleev, cogliendo il ruolo che la sua classificazione può svolgere a livello di previsioni. È consigliabile che l'insegnante proponga anche la versione della Tavola pubblicata nel 1871 (Allegato 5). La discussione dovrebbe portare su due aspetti: le variazioni che vengono proposte rispetto alla precedente; l'introduzione dei rapporti di combinazione tra gli elementi dei vari gruppi con l'ossigeno e l'idrogeno. Quest'ultimo dato permette di rendere chiaro come mai, utilizzando solamente le proprietà degli intervalli nei valori di peso atomico) questo elemento poteva anche essere inserito nel terzo gruppo. I rapporti di combinazione disponibili allora erano gli stessi per i gruppi 3 e 5 (valenza III).

#### Attività 5 - Verifica

Nell'anno 2002/03 è stata introdotta una prova di verifica specifica per questa sequenza; questo il primo quesito.

- 1) Utilizzando le informazioni riportate sulle tessere che ti vengono fornite a parte, inserisci nella tabella gli elementi germanio, selenio e stronzio; **scrivi il loro simbolo nelle caselle che, secondo te, essi occupano**. Scrivi qui sotto, **per ognuno dei tre elementi**, quali sono i criteri che hai utilizzato per effettuare la tua scelta.

H																
Li	Be											B	C	N	O	F
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn					

Germanio .....

Selenio .....

Stronzio.....

Nella Tabella 7 sono riportati i risultati della verifica.

I risultati mostrano che il gruppo di nove studenti ha conseguito l'ottanta per cento dei punti disponibili. In particolare, si può notare che i risultati più scarsi sono dovuti al fatto che la metà degli allievi non ha esplicitato di aver tenuto conto del criterio «ordine crescente di peso atomico»; nella successiva discussione, questi soggetti hanno dichiarato che essi ritenevano ormai scontato questo criterio.

Tabella 7 – Risultati della verifica (attività 5)

Allievi	PGe	Gepro	Gema	PSe	Sevro	Sema	PSr	Srpro	Srma	Punti
1	1	1	1		1	1	1	1	1	8
2	1	1	1	1	1		1	1		7
3	1	1		1	1		1	1		6
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
5	1	1		1	1		1	1		6
6	1	1		1	1		1	1		6
7	1	1		1	1		1	1		6
8	1	1	1		1	1	1	1	1	8
9	1	1	1	1	1	1	1	1		8
<i>Totali</i>	9	9	5	7	9	4	9	9	3	64
<i>Percentuale</i>										80,0

I simboli stanno ad indicare:

*PGe* – Il germanio viene posizionato correttamente nella Tabella

*Gepro* – Nel giustificare la posizione assegnata al germanio, l'allievo fa riferimento alle proprietà chimico-fisiche correttamente

*Gema* – Nel giustificare la posizione assegnata al germanio, l'allievo fa riferimento all'ordine crescente di peso atomico

Simboli analoghi vengono usati per gli elementi selenio e stronzio.

### 3 – CONCLUSIONE

Si deve innanzi tutto rimarcare che l'approccio adottato viene accettato di buon grado dalla maggior parte degli studenti che si lasciano coinvolgere dagli interrogativi problematici che li obbligano a pensare, riflettere, ragionare, avanzare previsioni e trarre conclusioni. Risulta molto motivante l'opportunità che viene loro offerta di confrontare il proprio modo di procedere con quello adottato da Mendeleev e da alcuni scienziati che lo avevano preceduto, nel tentativo di raggruppare gli elementi conosciuti in base alle analogie nelle proprietà chimiche e fisiche (Döbereiner) oppure in base al valore crescente della massa atomica (Newlands). In base ai risultati finali, la maggioranza degli studenti sembra in grado di utilizzare il concetto di periodicità, così come lo propose Mendeleev, per risolvere problemi relativi alla collocazione di elementi nella Tavola Periodica, problemi che anche lo scienziato russo dovette affrontare. Si può quindi ritenere che, per quanto riguarda le conoscenze disciplinari specifiche, gli obiettivi d'apprendimento siano raggiunti in modo soddisfacente. Oltre a ciò, questa sequenza presenta alcuni aspetti interessanti per quanto riguarda l'educazione alle scienze intesa nel senso più generale.

#### 1) I fatti e il sapere scientifico

L'approccio di tipo problematico adottato, fondato su un modello d'apprendimento di natura costruttivista, prevede la strutturazione delle conoscenze da parte degli studenti e permette di mettere in risalto un'idea fondamentale dell'epistemologia contemporanea: i fatti, i dati sperimentali non sono, di per sé, portatori di alcuna carica cognitiva. La conoscenza scientifica è intesa come un processo nel quale lo scienziato «mette in forma» i dati forniti dalle indagini

empiriche, e quindi mette in forma il mondo, dando un senso alla realtà. È lo scienziato che, di fronte ad un problema, muovendo dalle conoscenze disponibili, inventa congetture interpretative e predittive che gli permettono di mettere ordine negli eventi empirici.

#### 2) Elemento chimico e sostanza chimica

Prima di affrontare il problema della Tavola periodica, gli studenti interessati da questa sperimentazione erano già stati impegnati in attività di apprendimento volte alla costruzione dei concetti di sostanza semplice e composta, elemento, atomo, molecola. Il modo di operare di Mendeleev per classificare le sostanze semplici nella Tavola periodica, e le caratteristiche che egli prese in considerazione, sono l'occasione per portare nuovamente l'attenzione degli allievi sulla distinzione tra sostanza semplice ed elemento. Durante le discussioni, viene sottolineato che le proprietà riportate sulle tessere, utilizzate dagli studenti nelle varie attività, sono riferite, tranne il peso atomico, alle proprietà fisiche e chimiche delle **sostanze semplici**; in particolare, si mette in evidenza che sia la sostanza semplice sia l'elemento possiedono un nome e un simbolo appropriati. Questo tipo di distinzione era ben presente anche a Mendeleev, per il quale l'elemento è l'individualità chimica sottostante, presente in tutte le sostanze chimiche, siano esse semplici o composte. Risulta quindi di notevole interesse la lettura di alcune frasi che figurano all'inizio dell'articolo nel quale egli comunicava alla comunità scientifica la propria proposta di classificazione periodica: *Anche se, fino a Laurent e Gerhardt, i termini molecola, atomo, equivalente sono stati usati indifferentemente uno al posto dell'altro, e anche se oggi confondiamo spesso le espressioni sostanza semplice ed ele-*

mento, tuttavia, ciascuna di esse ha un significato ben preciso, che è importante precisare per evitare confusioni tra i termini usati in filosofia chimica. Una sostanza semplice è qualcosa di materiale, metallo o metalloide, dotato di proprietà fisiche e che mostra determinate proprietà chimiche. All'espressione sostanza semplice corrisponde l'idea di molecola. (...) Bisogna riservare, al contrario, il termine elemento per caratterizzare le particelle materiali che formano le sostanze, e che determinano il loro comportamento dal punto di vista chimico e fisico. Il termine elemento richiama l'idea di atomo.

Distinguendo chiaramente l'elemento dalla sostanza semplice, e mettendo in parallelo il rapporto tra questi due concetti e quello tra atomo e molecola, Mendeleev struttura una solida organizzazione di concetti di base; anche se oggi il rapporto tra i concetti di atomo ed elemento è cambiato [6], l'obiettivo da conseguire rimane lo stesso: aiutare gli allievi a costruire la propria conoscenza. È dunque con questo fine che nella verifica di cui si è parlato in precedenza, agli studenti sono stati sottoposti i tre interrogativi seguenti:

2. Quali delle seguenti caratteristiche sono riferite a una **sostanza semplice**?

- massa atomica
- simbolo chimico
- nome
- densità
- temperatura di fusione

- temperatura di ebollizione
  - stato di aggregazione
  - raggio atomico
- Giustifica la tua risposta

3. Quali delle seguenti caratteristiche sono riferite a un **elemento chimico**?

- massa atomica
  - simbolo chimico
  - nome
  - densità
  - temperatura di fusione
  - temperatura di ebollizione
  - stato di aggregazione
  - raggio atomico
- Giustifica la tua risposta

4. Quale dei seguenti simboli rappresenta la **sostanza semplice** iodio?

- I
  - I<sub>2</sub>
  - I<sup>-</sup>
  - I<sup>+</sup>
  - I<sub>2</sub><sup>-</sup>
- Giustifica la tua risposta

Nella Tabella 8 sono riportati sia i punteggi del primo quesito (già visti), sia quelli riferiti ai quesiti 2,3,4

**Tabella 8** – Risultati complessivi della verifica

Allievi	P Ge	Ge pro	Ge ma	P Se	Se pro	Se ma	P Sr	Sr pro	Sr ma	SS c	SS cg	E c	E cg	SS sc	SS scg	Punti
1	1	1	1		1	1	1	1	1	4	1	2		1	2	18
2	1	1	1	1	1		1	1		5	2	1		1		16
3	1	1		1	1		1	1		4	1			1	2	14
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	1	2	21
5	1	1		1	1		1	1		5	2	1		1	2	17
6	1	1		1	1		1	1		4	1	2	2	1	2	18
7	1	1		1	1		1	1		2	2	2		1	2	18
8	1	1	1		1	1	1	1	1	3		2		1		14
9	1	1	1	1	1	1	1	1		2	2	2		1	2	17
<b>Totali</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>150</b>
<b>%</b>																<b>69</b>

I simboli stanno ad indicare:

SSc – Vengono individuate correttamente le caratteristiche riferibili ad una sostanza semplice nel quesito 2: - nome; - simbolo chimico; - densità; - temperatura di fusione; - temperatura di ebollizione; - stato di aggregazione.

Ec – Vengono individuate correttamente le caratteristiche riferibili ad un elemento nel quesito 3: - nome; - simbolo chimico

SSc – Viene individuato correttamente il simbolo nel quesito 4

g – Le scelte effettuate vengono giustificate in modo corretto (quesiti 2, 3, 4)

Le differenze tra i concetti sostanza semplice, elemento, atomo sono difficili da metabolizzare, anche perché quasi tutte le fonti cui gli allievi possono far riferimento, in particolare i libri di testo, favoriscono la formazione di concezioni difformi, dal momento che i concetti di sostanza semplice ed elemento vengono confusi: sostanza semplice ed elemento sono considerati sinonimi. Si spiega così il fatto che il punteggio totale scenda al 69%.

### 3) *Realtà empirica e modello*

Nel modo di procedere proposto, la tavola periodica viene prima costruita tenendo conto unicamente delle proprietà macroscopiche delle sostanze semplici; soltanto in seguito, dopo aver affrontato con gli allievi il problema della struttura dell'atomo, si affronterà il concetto di periodicità a livello microscopico, prendendo in considerazione le proprietà degli atomi degli elementi. Operando in questo modo, l'insegnante sottolinea con forza la differenza che si deve sempre tenere presente tra realtà empirica e modello interpretativo. Abitualmente, la struttura particellare e la struttura atomica vengono insegnate come dati di fatto, come una «geografia descrittiva» della realtà: le rappresentazioni iconografiche utilizzate sono intese come raffigurazioni ingrandite della realtà.

L'impostazione dell'insegnamento proposta discende da due assunzioni di fondo relative alla didattica della chimica. Con la prima, di natura epistemologica, si ammette che i chimici, quando interpretano e prevedono i fatti sperimentali, non applicano direttamente una teoria, ma costruiscono modelli delle situazioni sperimentali; con la seconda, relativa all'apprendimento, si riconosce che una delle maggiori difficoltà che incontrano gli studenti nell'apprendere la chimica risiede nello stabilire una relazione tra la descrizione/interpretazione di una situazione empirica in termini di *oggetti ed eventi* e la descrizione/interpretazione della stessa situazione in termini di *modelli chimici*. Con l'approccio che proponiamo, è possibile segnare nettamente la distinzione tra realtà empirica e modello interpretativo e fare risaltare la funzione fondamentale di un modello, strumento mentale utilizzato per interpretare i fenomeni e per prevederli.

### 4) *Dal sapere in costruzione al sapere comunicato*

Con le attività proposte, si offre agli studenti l'opportunità di sperimentare direttamente un modo di procedere a tentoni, per tentativi ed errori, che è tipico del lavoro degli scienziati. Di tale modo di lavorare non vi è alcuna traccia nelle pubblicazioni nelle quali gli scienziati espongono i risultati delle loro ricerche; al contrario, in tali scritti gli scienziati si esprimono come se adottassero abitualmente un metodo di lavoro metodico, conosciuto come «metodo scientifico». Però questo modo di schematizzare il lavoro del ricercatore è una ricostruzione a posteriori, messa a punto dai ricercatori stessi per comunicare le informazioni scientifiche, ben diversa dal reale svolgimento delle ricerche; ciò che i ricercatori scrivono nelle loro relazioni è ciò che *credono* di fare e di avere fatto. Il ricercatore che presenta i risultati delle proprie ricerche, desideroso di convincere, nasconde incertezze, passi falsi, tentativi non riusciti, risultati negativi, cioè tutta la fase della ri-

cerca in cui egli «brancola nel buio». Nel resoconto finale, egli ricostruisce uno svolgimento logico e rigoroso. I due aspetti, i tentativi ed il rigore, coesistono nella «scienza che si fa», ma solo il secondo viene messo in evidenza a posteriori, nel momento in cui un ricercatore rende pubblici i risultati del proprio lavoro. Gli studenti si possono rendere conto di questo fatto mettendo a confronto la riproduzione di una pagina di appunti di Mendeleev (allegato 6) con la classificazione del 1869 (allegato 4). L'insegnante ha così la possibilità di sottolineare il contrasto tra la difficoltà e la tortuosità dell'effettivo svolgersi della ricerca e il cammino apparentemente facile e diretto che la lettura del testo suggerisce.

In conclusione, si può dire che offrire agli allievi l'opportunità di lavorare in prima persona alla messa a punto della struttura della tavola periodica, così come fece Mendeleev, significa consentire loro di impadronirsi del concetto di periodicità in modo operativo, come risultato di un cammino personale di costruzione di strumenti di conoscenza. Dal punto di vista dell'educazione alle scienze, l'impostazione storica risulta molto più formativa di quella tradizionale, nella quale le conoscenze sono sistematizzate e dove si dimenticano del tutto i tentativi di altri scienziati, i diversi approcci e le incongruenze iniziali. Come scrive Bachelard [7]: *Occorre soprattutto fare comprendere le difficoltà che hanno ostacolato il progresso. Riguardo a ciò, senza arrivare ad affermare, come faceva Auguste Comte, il parallelismo tra sviluppo dell'individuo e sviluppo dell'umanità, parallelismo troppo semplicistico per fornire spunti fecondi, è certo che la storia della scienza è ricca di spunti didattici.*

### BIBLIOGRAFIA

- [1] O. Sacks, *Zio tungsteno*. Adelphi, Milano, 216, 2001.
- [2] E. Scerri, L'evoluzione del sistema periodico. *Le Scienze*, n. 363, **94**, 1998.
- [3] J. Teichmann, *L'esperienza storica nell'insegnamento della fisica*. In: F. Bevilacqua, *Storia della fisica*. Franco Angeli, Milano, 31, 1983.
- [4] B. Bensaude-Vincent, D. Rebaud, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, **88**, 1109, 1994.
- [5] L. Cerruti, *Il sistema e i modelli*. Atti del Convegno: La formazione scientifica nella scuola media superiore. Venezia, novembre 1986, p.110.
- [6] A. Regis, *Ma cosa è un elemento?* Atti del XII Congresso della Divisione di Didattica Chimica SCI, Trieste, novembre 2001, p.133
- [7] G. Bachelard, *Storia delle scienze e formazione dello spirito scientifico*. In: R. Canguilhem, *Introduzione alla storia delle scienze*. Jaca Book, Milano, 317, 1973.

## Allegato 1

### Mendeleev: principi di chimica (edizione del 1871)

Da molto tempo sono noti vari gruppi di elementi simili. Esistono corpi semplici analoghi dell'ossigeno, dell'azoto, del carbonio, ecc. e l'esistenza di tali analogie ci porta necessariamente a questo interrogativo: qual è la causa di queste analogie e in quale rapporto stanno tra di loro i gruppi di elementi?

Se non si è in grado di rispondere a queste domande, non è assolutamente possibile raggruppare gli elementi analoghi senza incorrere in errori grossolani, dato che le analogie non sempre sono evidenti e non sempre sono rigorose. Così, ad esempio, il litio assomiglia per certi versi al potassio, mentre, da altri punti di vista, è vicino al magnesio. Il glucinio\* somiglia all'alluminio e al magnesio. Il tallio, come vedremo in seguito, è stato evidenziato al momento della sua scoperta, somiglia al piombo e al mercurio, ma possiede contemporaneamente alcune proprietà del litio e del potassio. È certo che, laddove non sia possibile effettuare misure, dobbiamo giocoforza limitarci a operare accostamenti o a fare confronti basati sulle proprietà più evidenti, le quali, a volte, sono ben lungi dal presentare una precisione soddisfacente.

Gli elementi hanno però una proprietà determinabile in modo esatto: il loro peso atomico. Il peso dell'atomo esprime la massa relativa dell'atomo e noi sappiamo, in base a tutte le nozioni precise che possediamo sui fenomeni della natura, che tutte le proprietà di una sostanza dipendono proprio dalla sua massa, in quanto tutte sono funzione delle stesse condizioni o delle stesse forze che determinano il

peso del corpo; quest'ultimo è quindi direttamente proporzionale alla massa della sostanza. È dunque del tutto naturale cercare una relazione tra proprietà analoghe degli elementi, da una parte, ed il loro peso atomico, dall'altra.

Questa è l'idea fondamentale che obbliga a disporre tutti gli elementi secondo il valore del loro peso atomico. Fatto questo, si nota immediatamente la ripetizione delle proprietà nei periodi degli elementi. Conosciamo già alcuni esempi:

F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127
Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133
Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137

Questi tre esempi permettono di cogliere l'aspetto essenziale del problema. Gli alogeni hanno pesi atomici inferiori a quelli dei metalli alcalini che, a loro volta, hanno pesi atomici inferiori a quelli dei metalli alcalino-terrosi. Ecco perché, disponendo gli elementi secondo il peso atomico crescente, si ottiene una ripetizione periodica delle proprietà. Noi chiamiamo questa legge, *legge periodica: le proprietà dei corpi semplici, come i tipi e le proprietà delle combinazioni, sono funzione periodica del valore del peso atomico*.

La legge periodica ed il sistema periodico, come sono stati qui esposti, sono stati pubblicati nella prima edizione di quest'opera, cominciata nel 1868 e terminata nel 1871. All'inizio del 1869 ho inviato a molti chimici il mio "Saggio su un sistema di classificazione degli elementi basato sul loro peso atomico e sulla loro somiglianza chimica" e nella sessione del marzo 1869 della Società Chimica Russa ho presentato una relazione relativa al "rapporto tra le proprietà ed il peso atomico degli elementi". Ecco le conclusioni di quella relazione:

1. Gli elementi disposti secondo il valore del loro peso atomico presentano una periodicità nelle proprietà.
2. Gli elementi che hanno comportamento chimico simile presentano pesi atomici vicini (Pt, Ir, Os) o crescenti in modo regolare (K, Rb, Cs).
3. La disposizione degli elementi o dei loro gruppi secondo il valore del peso atomico corrisponde alla loro valenza.
4. I corpi semplici più diffusi sulla Terra hanno un peso atomico basso e tutti gli elementi con basso peso atomico sono caratterizzati da proprietà ben definite. Si tratta di elementi tipici.
5. Il valore del peso atomico determina il carattere dell'elemento.
6. Bisogna attendersi la scoperta di molti corpi semplici ancora sconosciuti, simili, per esempio, ad Al e Si, e aventi peso atomico compreso tra 65 e 75.
7. Il valore del peso atomico di un elemento può, a volte, venire corretto se si conoscono gli elementi a lui simili. Così, il peso atomico del Te non è 128, ma deve essere compreso tra 123 e 126.
8. Alcune analogie tra elementi possono essere scoperte tenendo conto del "valore del peso dei loro atomi".

In questi punti è racchiuso tutto il significato della legge periodica.

\* L'attuale berillio

## Allegato 2

I chimici hanno sempre tentato di organizzare le sostanze oggetto di studio in base a somiglianze ed a sovrastrutture che, in qualche modo, permettessero di ordinarle, di sistamarle in uno schema organizzativo. Questi tentativi si sono intensificati quando il numero delle sostanze semplici conosciute ha cominciato a crescere grazie ai progressi delle tecniche di analisi: ad esempio, l'introduzione, al principio del 1800, della pila di Volta mise a disposizione dei chimici una tecnica potente, l'elettrolisi, che permise di raddoppiare il numero delle sostanze semplici note nel giro di pochi anni. In seguito, verso il 1860, l'analisi spettrale diede la possibilità di aggiungere altre sostanze a quelle già note.

All'inizio del XIX secolo, Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849), grande amico di Goethe, professore di chimica e farmacia all'Università di Jena, mise in evidenza che molti elementi conosciuti potevano essere riuniti in gruppi di tre elementi simili; tali gruppi furono da lui chiamati triadi. Tra le triadi di Döbereiner figuravano quelle costituite da litio, sodio e potassio e da cloro, bromo e iodio. Döbereiner mise in evidenza che, quando i tre elementi di una triade venivano disposti in ordine crescente di peso atomico (oggi massa atomica relativa), le proprietà dell'elemento centrale risultavano intermedie rispetto a quelle degli altri due; inoltre, cosa ancora più interessante, il peso atomico dell'elemento centrale era molto vicino alla media aritmetica degli altri due. Per esempio, nella triade cloro, bromo, iodio il peso atomico (la massa atomica relativa) del bromo è 79,9, valore molto vicino a 81,2 che è la media aritmetica di 35,5 (cloro) e 126,9 (iodio). Questa relazione tra le proprietà degli elementi ed i corrispondenti pesi atomici fu presa in considerazione da altri chimici. Nel 1866, John Newlands, un chimico inglese, presentò alla Chemical Society una memoria nella quale metteva in evidenza che, quando gli elementi erano sistemati in ordine crescente di peso atomico, ogni elemento aveva proprietà simili a quelle degli elementi che stavano otto posti avanti e otto posti indietro. Newlands chiamò questa relazione Legge delle ottave, sostenendo che l'ottavo elemento era una specie di ripetizione del primo, analogamente a quanto si verifica per l'ottava nota nella scala musicale. Nella Tabella sono riportate le prime cinque ottave di Newlands.

**Tabella – Le ottave di Newlands**

H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe
Co, Ni	Cu	Zn	Y	In	As	Se
Br	Rb	Sr	Ce, La	Zr	Di, Mo	Ro, Ru

Le idee di Newlands furono accolte con notevole scetticismo e la classificazione da lui proposta venne criticata per tre ragioni importanti. In primo luogo, Newlands partiva dal presupposto che tutti gli elementi fossero stati scoperti, per cui l'eventuale scoperta di un nuovo elemento poteva far crollare tutta la costruzione; questo era un argomento critico molto importante, in quanto ben quattro elementi (tallio, indio, cesio e rubidio) erano stati scoperti pochi anni prima che Newlands formulasse la sua proposta. In secondo luogo, per far sì che le proprietà si ripetessero nell'arco di un'ottava, Newlands era stato talvolta obbligato a sistemare due elementi nella stessa casella (per esempio, cobalto e nichel, cerio e lantanio, etc.). Infine, la classificazione proposta da Newlands raggruppava alcuni elementi le cui proprietà erano ben diverse. Ad esempio, cobalto e nichel venivano a trovarsi nella stessa famiglia di fluoro, cloro e bromo; il rame apparteneva alla famiglia costituita anche da litio, sodio, potassio e rubidio. Per tutte queste ragioni, le idee di Newlands furono respinte dai suoi colleghi scienziati, alcuni dei quali non esitarono a ridicolizzarle. In effetti, uno dei suoi critici più violenti gli domandò se non avesse mai preso in considerazione la possibilità di classificare gli elementi in base alla lettera iniziale del loro nome.

Novembre - Dicembre 2004

CnS - La Chimica nella Scuola

**Allegato 3**

H 1,0 Idrogeno																
Li 5,9 Litio	Be 9,0 Berillio											B 10,8 Boro	C 12,0 Carbonio	N 14,0 Azoto	O 16,0 Ossigeno	F 19,0 Fluoro
Na 23,0 Sodio	Mg 24,3 Magnesio											Al 27,0 Alluminio	Si 28,1 Silicio	P 31,0 Fosforo	S 32,1 Zolfo	Cl 35,5 Cloro
K 39,1 Potassio	Ca 40,1 Calcio	Sc 45,0 Scandio	Ti 47,9 Titanio	V 50,9 Vanadio	Cr 52,0 Cromo	Mn 54,9 Manganese	Fe 55,8 Ferro	Co 58,9 Cobalto	Ni 58,7 Nichel	Cu 63,5 Rame	Zn 65,4 Zinco					

**Allegato 4****La prima classificazione periodica di Mendeleev (1869)**

I	II	III	IV	V	VI
			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh=104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru=104,4	Ir = 198
			Ni= Co= 59	Pd=106,6	Os = 199
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

1. I punti interrogativi posti davanti al simbolo di un elemento indicano incertezza sulla posizione dell'elemento;
2. I punti interrogativi posti dopo il valore di un peso atomico indicano che l'incertezza riguarda il valore numerico del peso atomico.
3. Dopo il Ca e lo Sr si notano due gruppi di elementi che violano il principio del peso atomico crescente: questi valori di peso atomico verranno raddoppiati nelle successive versioni
4. Mendeleev conservò sempre incerta la posizione dei lantanidi
5. A Ni e Co viene attribuito lo stesso valore di peso atomico
6. il peso del Te è maggiore rispetto a quello dell'elemento successivo, cioè lo iodio.

**Tali problemi rimarranno senza soluzione fino alla determinazione sperimentale del numero atomico (Moseley, 1913).**



**Allegato 5**

Serie	Gruppo I	Gruppo II	Gruppo III	Gruppo IV	Gruppo V	Gruppo VI	Gruppo VII	Gruppo VIII
	—	—	—	RH <sup>4</sup>	RH <sup>3</sup>	RH <sup>2</sup>	RH	—
	R <sup>2</sup> O	RO	R <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	RO <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	RO <sup>3</sup>	R <sup>2</sup> O <sup>7</sup>	RO <sup>4</sup>
1	H=1							
2	Li=7	Be=11	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	Fe=56 Co=59 Ni=59 Cu=63
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	— =44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Ru=104 Rh=104 Pd=106 Ag=108
5	(Cu=63)	Zn=65	— =68	— 72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	— =100	
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195 Ir=197 Pt=198 Au=199
11	(Au=197)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—

**Allegato 6**



## Una proposta didattica volutamente incompleta sugli acidi e sulle basi.

### II – Organizzazione dei contenuti

ERMANNO NICCOLI (\*)

#### Riassunto

La seconda parte del presente articolo delinea la struttura del modulo "acidi e basi" e di conseguenza l'organizzazione dei contenuti in funzione della strategia didattica individuata. Questa si basa sulle seguenti scelte: viene deciso di introdurre direttamente la teoria di Lowry e Brønsted, tralasciando le teorie di Arrhenius e di Lewis; si parte esaminando le proprietà dell'acqua e quindi si descrive come queste vengano modificate dalla presenza di un soluto; si esaminano separatamente le caratteristiche delle soluzioni basiche, acide e neutre; le caratteristiche delle soluzioni esaminate sono spiegate tramite la teoria di Lowry e Brønsted; si fanno seguire argomenti annessi quali i solventi anfiprotici e l'effetto di livellamento da un lato, e la misura dell'acidità, espressa come pH, e le soluzioni tamponate dall'altro. Il modulo così concepito consiste in una mappa concettuale le cui caselle corrispondono alle varie unità didattiche.

Ogni unità didattica viene esaminata nei suoi contenuti e vengono suggeriti metodi di lavoro.

La proposta didattica volutamente incompleta è rivolta a studenti del triennio conclusivo della scuola secondaria superiore.

#### 1. Quale strategia didattica

Da un punto di vista didattico l'articolazione di un modulo sugli acidi e sulle basi può essere realizzato seguendo criteri diversi.

Si può seguire una impostazione a carattere storico illustrando, sulla falsa riga dell'approfondimento [1], lo sviluppo dei concetti a partire dall'alchimia. In questo contesto viene evidenziato come ciascuna teoria in un certo senso rappresenti la "correzione" o meglio la generalizzazione e l'ampliamento di significato delle teorie che precedono. Nella trattazione storica è agevole introdurre anche aspetti non strettamente chimici, di conseguenza il metodo si presta ad attività interdisciplinari.

Si può tentare un approccio prevalentemente sperimentale: questa modalità richiede tempi di esecuzione molto lunghi, di conseguenza può essere utilizzata solamente se si affronta lo studio della chimica in modo non sistematico, introducendo i concetti chimici fondamentali attraverso lo sviluppo di pochi argomenti significativi.

Si può progettare, come è stato fatto [2], un intervento più elaborato basato su attività di laboratorio ma ispirato all'evoluzione storica dei concetti di acido e di base.

Si può semplicemente sviluppare l'argomento in base ad una delle teorie note, nella fattispecie le teorie di Arrhenius, di Lowry e Brønsted o di Lewis. Questo tipo di approccio privilegia una delle teorie ma organizza i contenuti secondo connessioni logiche che lasciano in ombra gli aspetti storici.

È comunque sconsigliabile trattare in sequenza teorie diverse al di fuori di ogni considerazione a carattere storico, ad esempio introducendo la teoria di Arrhenius e successivamente allargando il discorso alla teoria di Lowry e Brønsted, quasi che la seconda fosse un'appendice della prima.

Questo tipo di percorso, in realtà molto praticato perché apparentemente meno problematico, riduce l'insegnante a navigare a vista lungo un percorso poco lineare; in presenza di una utenza che non eccelle, si può correre il rischio di una percezione dissociata, che porterà gli alunni a pensare che esistano sia gli "acidi di Arrhenius" che gli "acidi di Lowry e Brønsted" o inversamente si corre il rischio di una percezione sincretica del tipo "scrivo  $H^+$  oppure  $H_3O^+$ , a seconda di come mi fa comodo, senza però capire bene dove stia la differenza".

Ulteriore confusione è causata dal fatto che talvolta, ad esempio trattando di calcoli stechiometrici, pur ragionando nell'ambito della teoria di Lowry e Brønsted, per brevità di scrittura si indica con  $H^+$  lo ione ossonio.

In generale bisogna porre molta attenzione a non introdurre concetti distorti o lacunosi perché, come sappiamo, è molto più facile introdurre un concetto nuovo piuttosto che rimuovere un concetto sbagliato precedentemente acquisito.

Nella presente proposta si decide di tentare un aggiornamento dell'argomento, a questo scopo *non si considera la teoria di Arrhenius sugli acidi e sulle basi*. Questa teoria, forse utile in quanto didatticamente più semplice a livello di biennio iniziale della scuola secondaria superiore, a livello di triennio è tutto sommato limitativa, non più coerente con i dati sperimentali e, come è stato detto, possibile fonte di confuse sovrapposizioni se trattata contestualmente alla teoria di Lowry e Brønsted.

Tenuto conto che tra i prerequisiti è previsto che gli studenti conoscano la teoria della dissociazione elettrolitica di Arrhenius e l'applicazione della legge dell'azione di massa agli equilibri ionici, rispetto all'ordine dei concetti usualmente suggerito dai libri di testo, viene deciso di anticipare le reazioni di dissociazione dell'acqua, degli acidi e delle basi già nella forma che poi troverà il suo naturale inquadramento con la teoria di Lowry e Brønsted.

Il punto più debole della presente proposta sta nel fatto che inizialmente per i concetti di "acido", "basico" e "neutro" ci dobbiamo appoggiare a significati di senso comune o, comunque, a significati appresi nella scuola dell'obbligo. Questo rovesciamento di procedure si basa su di una serie di assunti.

Quando facciamo riferimento al concetto di ione ossonio, e con esso alle sue forme idratate, non ci riferiamo semplice-

mente all'ipotesi di Lowry, ma ad una realtà molecolare accertata sperimentalmente tramite la spettrometria di massa [3], non c'è quindi nessuna difficoltà nel definire gli acidi come sostanze le cui molecole portate in soluzione acquosa generano ioni ossonio; di conseguenza fino dall'inizio è possibile scrivere le reazioni di dissociazione degli acidi.

In modo analogo il ruolo di acido e di base dell'acqua verrà successivamente definito, ma nel frattempo possiamo scrivere la dissociazione dell'acqua nella forma corretta per giustificare la sua leggera conducibilità.

Un poco più complesso appare il problema delle basi in quanto la definizione data da Lowry e Brønsted allarga molto e generalizza il concetto di base, tuttavia essendo stato deciso di focalizzare l'attenzione sulle soluzioni acquose il carattere basico delle soluzioni resta legato alla presenza dello ione idrossido, così come il carattere acido è legato alla presenza dello ione ossonio.

La decisione di trattare innanzi tutto le soluzioni acquose, nonostante che gli sviluppi della teoria di Lowry e Brønsted allarghino lo sguardo a tutti i solventi anfiprotici, si giustifica come segue:

- parlando di acidi e di basi usualmente ci si riferisce a soluzioni acquose, la base "ammoniacale", ad esempio, non è l'ammoniaca pura allo stato liquido, che di per sé è un solvente anfiprotico, ma la soluzione acquosa di  $\text{NH}_3$ , così pure l'acido cloridrico è la soluzione acquosa di  $\text{HCl}$ ;
- tutta la problematica relativa agli acidi o alle basi a differente concentrazione è di norma riferita a soluzioni acquose;
- i lavori sugli acidi e sulle basi storicamente importanti trattano di soluzioni acquose;
- la chimica biologica, uno dei traguardi fondamentali dello studio della chimica generale, è riferita a sostanze in solu-

zione acquosa;

- l'acqua è il solvente onnipresente nella chimica dell'ambiente.

Solo successivamente, parlando della forza degli acidi e delle basi, si introducono i solventi anfiprotici e con essi l'effetto di livellamento.

La teoria di Lewis a sua volta non viene considerata per la ragione che segue. Rispetto alla teoria di Lowry e Brønsted generalizza anche il concetto di acido, introducendo gli acidi aprotici, aprendosi così ad istanze relative ad alcune reazioni organiche e alla chimica dei composti di coordinazione: questi argomenti difficilmente trovano posto in un insegnamento a livello di scuola secondaria.

Da tutte queste riflessioni si ricava una *strategia didattica* articolata nei seguenti punti:

- » si parte dall'osservazione di alcune proprietà dell'acqua
- » si osserva come queste proprietà intervengano nella formazione delle soluzioni
- » si osserva come le proprietà dell'acqua vengono in parte modificate per dissoluzione di varie sostanze con formazione di soluzioni acide, basiche e neutre;
- » si enuncia la teoria di Lowry e Brønsted capace di inquadrare in un'unica definizione le reazioni chimiche osservate;
- » si introduce quindi una prima parte, a carattere teorico, riguardante i solventi anfiprotici e l'effetto di livellamento;
- » si introduce infine una seconda parte, a carattere pratico, riguardante l'espressione del pH, le misure di acidità, e l'uso delle soluzioni tampone.

Questa strategia è rappresentata nella struttura del modulo "acidi e basi" sotto forma di una mappa concettuale (Fig. 4), dove ogni casella numerata corrisponde ad una unità didattica, che viene in seguito dettagliata e documentata.

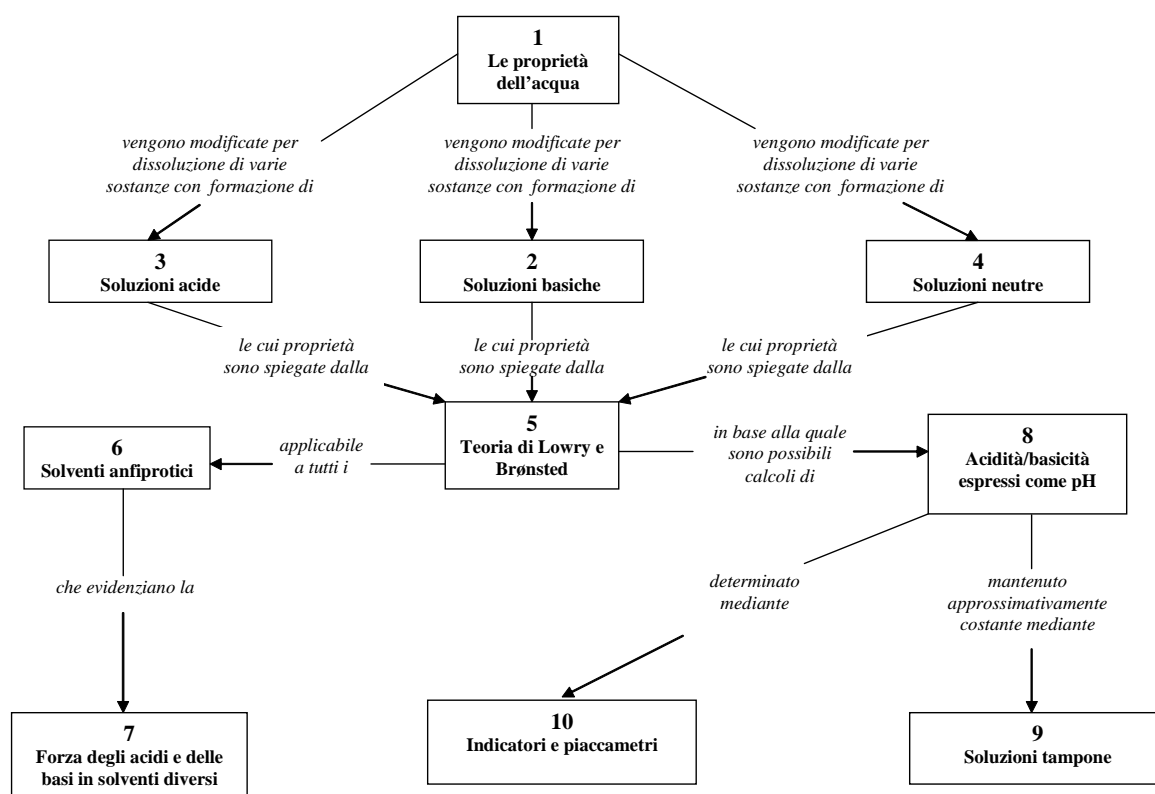


Figura 4

Ne scaturisce un progetto di lavoro che nelle intenzioni è organico ed essenziale, che suggerisce ma non vincola sul piano delle metodologie didattiche, che eventualmente influisce sulla formulazione degli obiettivi e che assembla i contenuti didatticamente rilevanti secondo sequenze tendenti a facilitare l'apprendimento oltre che l'insegnamento.

I tempi scolastici sono sempre terribilmente stretti, quindi una programmazione di questo tipo sintetica ma ben articolata può risultare più impegnativa ma funzionale. Disponendo di maggior tempo, si può arricchire la mappa o ampliare l'attività di laboratorio.

## 2. Esame delle unità didattiche

### Unità didattica n. 1: alcune proprietà dell'acqua

Come è stato detto, inizialmente si prendono in considerazione alcune proprietà dell'acqua. Una proprietà dell'acqua di grande interesse può essere introdotta a partire da quanto rappresentato nella parte superiore della figura 5.

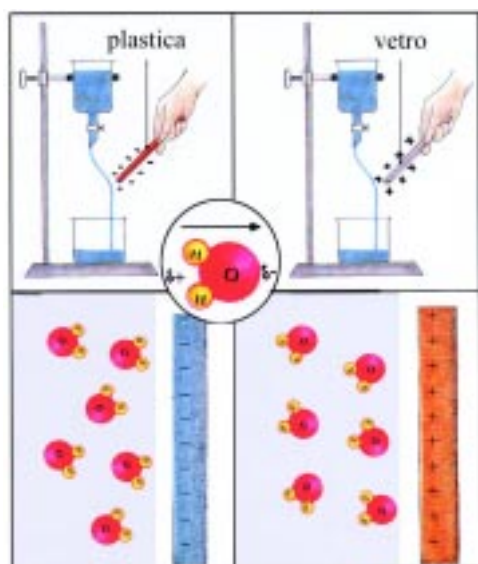


Figura 5

L'immagine descrive una esperienza di laboratorio facilmente realizzabile [4] anche a partire da una modesta attrezzatura; sarà sufficiente disporre di rubinetti da cui fare scendere un filo d'acqua, delle bacchette di vetro, altre di plastica e di qualche conoscenza di fisica. Si può anche proporre un lucido, contenente la figura 5. Si deve sottolineare che la parte superiore dell'immagine si riferisce agli aspetti macroscopici (sperimentali) e la parte inferiore agli aspetti submicroscopici (esplicativi).

Questi ultimi ci dicono che l'acqua è una sostanza polare ossia è costituita da particelle (molecole) che sono dotate di un momento dipolare; la spiegazione dei fenomeni osservati a partire dalla polarità delle molecole d'acqua può non essere immediata e richiedere una fase di discussione.

Come si vedrà nelle unità didattiche successive, il carattere polare dell'acqua spiega come questa sia un ottimo solvente per molte categorie di sostanze.

È importante sottolineare a questo punto che il potere solvente dell'acqua è provato dal fatto che per ottenere acqua ad un elevato stato di purezza è necessario distillarla più volte entro apparecchiature di quarzo sotto atmosfera iner-

te, ad esempio sotto azoto, in quanto l'acqua tende a sciogliere sia l'ossigeno che l'anidride carbonica dell'atmosfera oltre a piccole quantità di elettroliti del vetro delle apparecchiature<sup>1</sup>.

Le sostanze disciolte modificano sensibilmente le proprietà dell'acqua pura, ad esempio la sua conducibilità elettrica. È senza dubbio utile dimostrare che le sostanze disciolte a contatto dell'aria modificano la debole conducibilità dell'acqua pura, (conduttività pari a  $0,0548 \cdot 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  a  $24^\circ\text{C}$ ); si può fare questo, mediante il conduttimetro<sup>2</sup> riportato in figura 6: si confronta la conducibilità dell'acqua appena bollita e raffreddata lontano dal contatto dell'aria con quella della stessa acqua dopo che è stata per un certo tempo a contatto dell'aria, eventualmente sotto agitazione.



Figura 6

Si deve tuttavia specificare che il conduttimetro di cui sopra non ha la sensibilità necessaria a rilevare la conducibilità dell'acqua pura; a questo scopo servono apparecchiature più raffinate.

Nella figura 7 viene spiegato in termini chimici da che cosa dipende la conducibilità dell'acqua pura e si scrive per la prima volta la reazione di dissociazione dell'acqua.

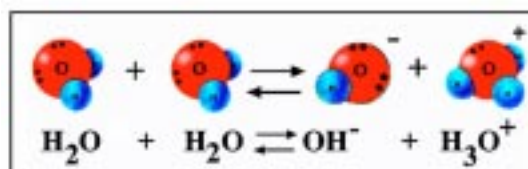


Figura 7

La reazione riportata, nonostante che sia importantissima e centrale per tutto ciò che diremo in seguito, viene qui presentata in via preliminare, senza sottolineature di sorta.

È molto utile accompagnare la reazione scritta in linguaggio chimico con una rappresentazione espressa in linguaggio iconico che visualizzando quanto si vuole dire, lo rende

<sup>1</sup> Anche il vetro normalmente utilizzato per le apparecchiature di laboratorio a contatto dell'acqua rilascia sostanze.

<sup>2</sup> Questo conduttimetro ha un costo modesto e, se acquistato dalla scuola, è utilizzabile anche nel Laboratorio di Fisica o nel corso di Laboratorio di Fisica e Chimica.

meno “astruso”.

È importante ricordare che esistono prove sperimentali dell'esistenza dello ione ossonio variamente idratato [3] e per fissare il concetto, si può dedicare un poco di tempo a costruire con il pongo dei modelli (Fig. 8).

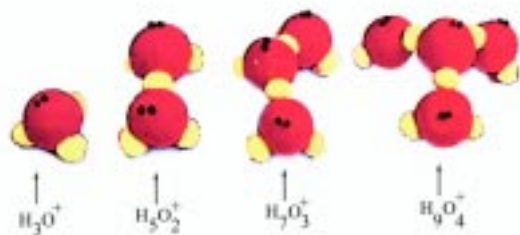


Figura 8

Questi modelli nella loro semplicità non possono mettere in evidenza le differenze tra i legami intermolecolari (covalenti polari) ed i legami intermolecolari (legami ad idrogeno). È consigliabile quindi, come riportato in figura, affiancare ai modelli la rappresentazione con linguaggio chimico delle forme idratate.

Allo scopo di aumentare la familiarità degli studenti con gli argomenti chimici, a questo punto si valuta l'opportunità di eseguire con gli studenti un semplice calcolo stechiometrico: applicando la legge dell'equilibrio chimico alla dissociazione dell'acqua a 24°C; si ricava l'espressione del prodotto ionico ed il valore della  $K_w$  (key water):

$$[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

Si può quindi accelerare un poco le procedure semplicemente enunciando che il carattere neutro dell'acqua è legato alle seguenti relazioni di eguaglianza:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad (5)$$

Si può anche cogliere l'occasione per sottolineare che la  $K_w$  varia con la temperatura e per commentare la tabella che segue.

t °C	$K_w$
0	$0,1 \cdot 10^{-14}$
10	$0,29 \cdot 10^{-14}$
24	$1,00 \cdot 10^{-14}$
37	$2,52 \cdot 10^{-14}$
40	$2,91 \cdot 10^{-14}$
50	$5,47 \cdot 10^{-14}$

Lo studente scoprirà in seguito che questa grandezza, nonostante il suo valore molto piccolo, è molto importante. È opportuno quindi aiutare lo studente ad farsi una rappresentazione mentale sufficientemente corretta di questa quantità attraverso paragoni o metafore di vario tipo

Per fare ciò si propone il confronto tra un bicchiere d'acqua ed il contenuto in acqua di un vaso artificiale, sottolineando che se noi potessimo per assurdo riunire tutte le molecole dissociate contenute nel lago si otterrebbe all'incirca un bicchiere di acqua.

Novembre - Dicembre 2004

Un altro modo per ottenere lo stesso risultato è ricorrere all'illustrazione riportata di seguito in figura 9, ispirata ad un noto libro di testo [5].



Figura 9

Si chiude questa parte con una considerazione che in realtà contiene tutta la filosofia del modulo e prelude alle tre unità didattiche che seguono: *sciogliendo sostanze varie nell'acqua le proprietà della medesima vengono modificate e le soluzioni possono assumere carattere basico o acido oppure mantenere carattere neutro mentre varia la conducibilità.*

#### Unità didattica n. 2: formazione di soluzioni acquose basiche

Questa unità relativa alle soluzioni acquose basiche, ha un prevalente carattere operativo e parte, descrivendo per queste soluzioni le caratteristiche che seguono.

» Lisciviose al tatto, hanno il sapore amaro e allappante che caratterizza la Soda Solvay e il Sapone di Marsiglia (molte soluzioni basiche sono caustiche per cui bisogna dettare norme di cautela per l'assaggio).

» Fanno assumere colori caratteristici a particolari sostanze dette indicatori.

» Presentano una buona conducibilità elettrica, superiore a quella dell'acqua di partenza.

» Possono essere neutralizzate da quantità opportune di soluzioni acide.

Successivamente si enuncia<sup>3</sup> che *le soluzioni basiche si formano per dissoluzione in acqua di quelle sostanze che provocano un aumento degli ioni idrossido (OH).*

Ne segue che la (5) viene così modificata:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} < [\text{OH}^-]$$

A questo punto sarebbe opportuno organizzare delle esercitazioni di laboratorio dove si possa osservare con l'aiuto di indicatori come il carattere basico sia dovuto al discioglimento di sostanze diverse, ad esempio idrossido di sodio, carbonato di sodio, cenere di legna, acetato sodico,

<sup>3</sup> Inevitabilmente si opera sempre in bilico tra metodologie le più efficaci e formative possibili e metodologie a carattere informativo destinate a recuperare i tempi necessari per rappresentare una struttura disciplinare minimamente completa.

calce, ammoniaca<sup>4</sup>.

Nella figura che segue (Fig.10) viene rappresentato il discioglimento dell'idrossido di sodio con liberazione di ioni [OH<sup>-</sup>]; deve essere specificato che l'idrossido di sodio è già sotto forma di ioni allo stato solido.

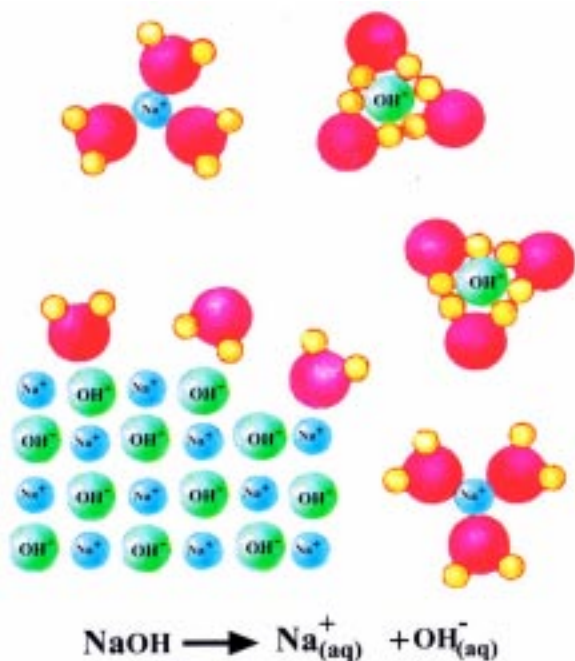


Figura 10

Al solito la rappresentazione è data sia in linguaggio chimico che in linguaggio iconico; il cristallo di NaOH è schematicamente simboleggiato come disposizione regolare sul piano di ioni Na<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> alternati. L'azione dissolvvente dell'acqua è spiegata come azione dei dipoli dell'acqua che tendono ad affollarsi intorno agli ioni ed a neutralizzare i legami ionici. Gli ioni passano in soluzione sotto forma di ioni idratati<sup>5</sup>.

Un altro esempio completamente diverso di dissoluzione con formazione di soluzione basica è quello dell'ammoniaca (Fig. 11).

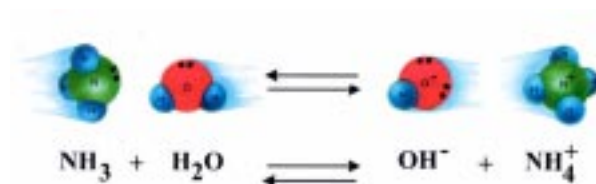
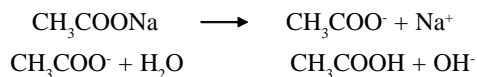


Figura 11

L'ammoniaca, come indicato in figura 11, dà luogo ad un equilibrio non completamente spostato a destra al quale si può applicare la legge Guldberg e Waage.

Un terzo esempio ancora diverso è dato dalla dissoluzione di un sale quale l'acetato di sodio:



Si fa notare che in questo caso non vanno in soluzione direttamente gli ioni OH<sup>-</sup> ma che questi si formano per reazione dello ione acetato con acqua (reazione di idrolisi).

Si conclude osservando che le soluzioni basiche si formano per dissoluzione delle sostanze più diverse ed attraverso trasformazioni diversissime tra loro.

### Unità didattica n. 3: formazione di soluzioni acquose acide

Questa unità è organizzata in maniera del tutto analoga alla unità precedente e inizia dall'esame di alcune caratteristiche relative alle soluzioni acide.

» Hanno il sapore aspro e pungente del succo di limone e dell'aceto (molte soluzioni acide sono caustiche per cui bisogna dettare norme di cautela per l'assaggio).

» Fanno assumere colori caratteristici a particolari sostanze dette indicatori.

» Presentano una buona conducibilità elettrica, superiore a quella dell'acqua di partenza.

» Possono essere neutralizzate da quantità opportune di soluzioni basiche.

Anche in questo caso si osserva che le soluzioni acide si formano per dissoluzione in acqua di qualunque sostanza che provochi un aumento degli ioni ossonio [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>].

Ne segue che la (5) viene così modificata:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} > [\text{OH}^-]$$

Nella figura che segue (Fig. 12) viene rappresentato il discioglimento dell'acido cloridrico gassoso (cloruro d'idrogeno) con liberazione di ioni H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> idratati.

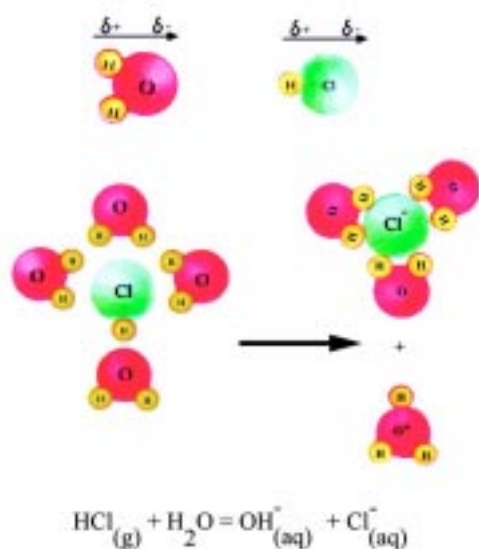


Figura 12

La rappresentazione è data sia in linguaggio chimico che in linguaggio iconico. L'azione dissolvvente dell'acqua è ancora spiegata come azione dei dipoli dell'acqua tendenti a indebolire il legame covalente polare tra l'idrogeno e il cloro. Gli ioni che si formano infatti sono idratati.

Approfondendo quindi la chimica delle soluzioni acide, si possono fare esempi di acidi deboli sia monoprotici (HNO<sub>2</sub>) che biprotici (H<sub>2</sub>S) (Fig. 13), specificando che un acido debole dà luogo ad un equilibrio del tipo indicato in figura, al quale si può applicare la legge d'azione di massa.

<sup>4</sup> Da non usare se non disponendo di cappa aspirante oltre a occhiali protettivi e guanti per gli allievi.

<sup>5</sup> L'idratazione è indicata in modo puramente simbolico, senza tenere conto delle molecole di acqua effettivamente coordinate dagli ioni.

## ACIDI DEBOLI

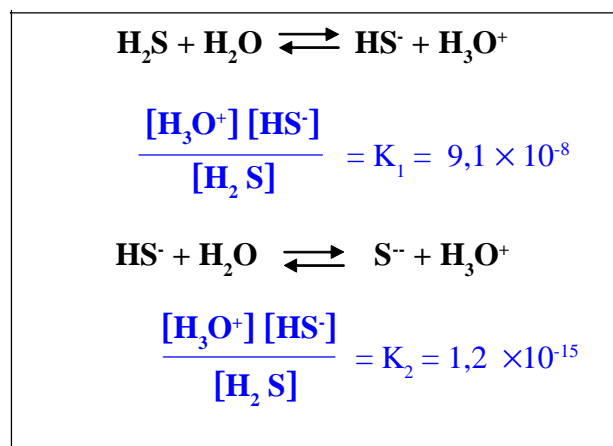
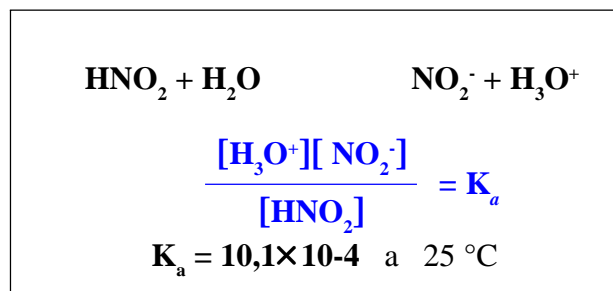
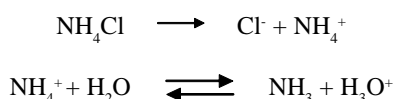


Figura 13

Un terzo caso ancora diverso è dato dalla dissoluzione di un sale quale il cloruro di ammonio:



Si può fare notare che in questo caso non vanno in soluzione direttamente gli ioni  $\text{H}_3\text{O}^+$ , come nel caso dell'acido cloridrico, ma che questi si formano per reazione dello ione ammonio con acqua (reazione di idrolisi).

Unità didattica n. 4: formazione di soluzioni acquose neutre  
Vediamo ora per completezza le caratteristiche delle soluzioni neutre.

» Queste soluzioni non presentano né sapore acido né sapore basico ma eventualmente sapore dolce, amaro o salato  
» Fanno assumere colori caratteristici a particolari sostanze dette indicatori, colori spesso intermedi tra quelli conferiti dalle soluzioni acide e quelli conferiti dalle soluzioni basiche.  
» A seconda della sostanza disciolta presentano una buona conducibilità elettrica (alcuni sali) oppure una conducibilità bassissima (alcune sostanze organiche).

Numerose sostanze non modificano il carattere neutro dell'acqua, tra queste numerosi sali quali il cloruro di sodio o il solfato di sodio o composti organici solubili in acqua come l'acetone o lo zucchero.

Per queste soluzioni continua a valere la relazione (5). Nella figura 14 viene schematizzato nel solito modo la dissoluzione di un cristallo di cloruro sodico con formazione in soluzione degli ioni idratati.

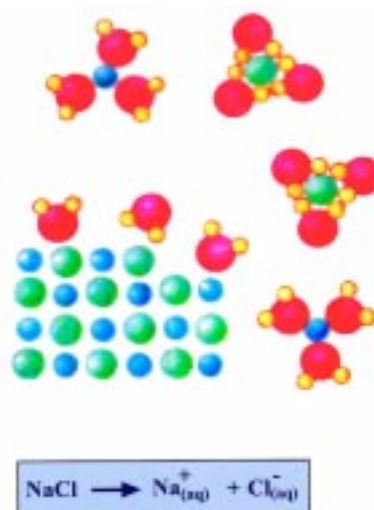


Figura 14

Le soluzioni di sali si caratterizzano per una elevata conducibilità. È consigliabile a questo punto organizzare una esercitazione di laboratorio (Fig. 15) per evidenziare la differenza di comportamento dell'acqua e, ad esempio, di una soluzione di cloruro di sodio al passaggio della corrente; la semplice attrezzatura può essere costruita dagli stessi studenti in sostituzione di quella riportata in figura 6.



Figura 15

La costruzione da parte degli studenti delle apparecchiature necessarie a condurre l'esperienza, con tutti i problemi ed i tentativi che l'operazione comporta, risulta sempre particolarmente stimolante.

Unità didattica n. 5: la teoria di Lowry e Brønsted, una visione unificante

Le differenti proprietà dei tre diversi tipi di soluzione, come suggerisce anche la forma della mappa concettuale, trovano il loro momento unificante nella formulazione della teoria di Lowry e Brønsted.

Per mettere in evidenza ciò, vengono messi a confronto alcuni equilibri significativi sinora esaminati relativi a soluzioni neutre, basiche e acide (Fig. 16)  
Si può fare notare alcune singolarità di questi equilibri: *sia*

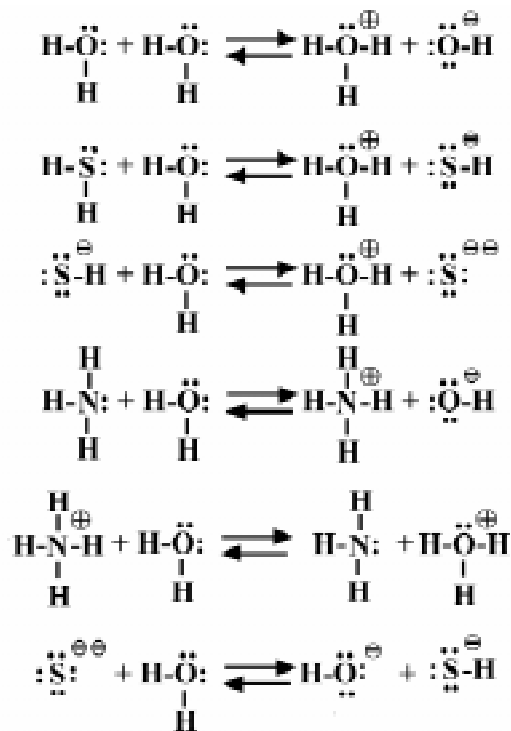


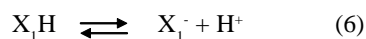
Figura 16

che vengano letti da sinistra a destra che da destra a sinistra, si osserva sempre uno scambio di un protone; si osserva inoltre che le molecole e le molecole-ione, le quali accolgono il protone, dispongono di almeno un doppietto elettronico libero mediante il quale formano un legame con il protone.

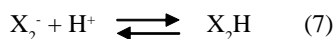
A questo punto si può fare il seguente enunciato.

**Nella teoria di Brönsted e Lowry viene definita acido una sostanza capace di donare un protone, base una sostanza capace di ricevere un protone.**

Come è già stato empiricamente evidenziato, si può fare notare che il protone generato dalla dissociazione di un acido:



non può esistere "libero" in quanto instabile ma si stabilizzerà se "accolto" da una base:



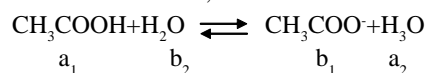
la (6) e la (7) sono di fatto due semireazioni e la loro somma ci dà la reazione complessiva<sup>1</sup>:



Si deve fare notare che le basi possono consistere anche in

molecole neutre come si rileva dalle reazioni riportate in figura 16.

Passando ad un caso reale, la dissociazione:



può essere letta come segue.

**L'acido ( $a_1$ ), cedendo un protone, si trasforma nella sua base coniugata ( $b_1$ ), la base ( $b_2$ ) a sua volta, ricevendo il protone si trasforma nel suo acido coniugato ( $a_2$ ).**

Nel verso opposto la reazione può essere letta come segue.

**L'acido ( $a_2$ ), cedendo un protone, si trasforma nella sua base coniugata ( $b_2$ ), la base ( $b_1$ ) a sua volta, ricevendo il protone, si trasforma nel suo acido coniugato ( $a_1$ ).**

Come si può facilmente verificare questo schema interpretativo può essere applicato a tutte le reazioni acido/base sinora viste.

Si deve aggiungere che per evidenti ragioni ad un acido forte corrisponde una base coniugata debole e viceversa ad un acido debole corrisponde una base coniugata forte. Questa situazione è riassunta graficamente nella figura 17.



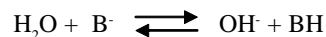
Figura 17

Unità didattica n. 6: solventi anfiprotici

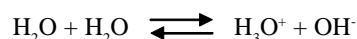
In questa scheda si fa osservare che gli esempi prodotti mostrano l'acqua che funge sia da base:



sia da acido:

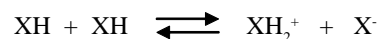


Per questa ragione l'acqua è detta *anfiprotica* e l'equilibrio:



riportato in figura 7, è detto *autoprotolisi*.

Generalizzando tutti i solventi che danno luogo all'equilibrio:

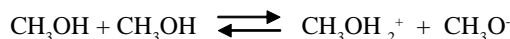


<sup>6</sup> Se sono già state trattate le equazioni redox, si può proporre un parallelismo con le semireazioni di ossidoriduzione. La (6) inoltre coincide con la scrittura di Arrhenius, ma in questo contesto è irrilevante.

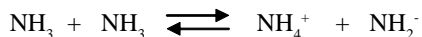


sono detti solventi anfiprotici e danno autoprotolisi. Alcuni esempi di solventi anfiprotici.

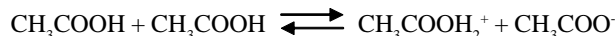
Metanolo



Ammoniaca liquida



Acido acetico glaciale (puro)



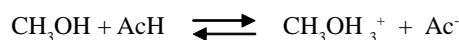
Eventualmente è consigliabile esplicitare meglio la struttura delle basi, evidenziando il doppietto che forma il legame con il protone.

Con questa breve scheda si apre uno spiraglio sulla chimica dei solventi non acquosi. Non sembra opportuno sviluppare ulteriormente l'argomento ma appare utile introdurlo per trattare (vedi scheda seguente) l'effetto livellante ed il carattere relativo della forza degli acidi e delle basi.

#### Unità didattica n. 7: effetto di livellamento

La dissociazione di un acido (forza dell'acido) o di una base (forza di una base) dipende sia dalla natura della sostanza che funge da acido o da base sia dalla forza con cui il solvente lega o cede il protone ossia dalla forza con cui il solvente esplica rispettivamente la funzione di base o di acido. Per questa ragione due acidi con forza diversa (ad esempio  $\text{HClO}_4 > \text{HCl}$ ) disciolti in acqua sono ambedue completamente dissociati, perché l'acqua è una base abbastanza forte da provocare la completa dissociazione di ambedue. Questo effetto viene detto *effetto di livellamento*.

La verifica dell'effetto di livellamento lo otteniamo usando un solvente anfiprotico, quale ad esempio il metanolo, che rispetto all'acqua è una base meno forte. Nelle reazioni del tipo :



$\text{HClO}_4$  è più dissociato di  $\text{HCl}$ .

#### Unità didattica n. 8: definizione e utilità del pH

Come è stato detto, nei programmi tradizionali il pH occupa un posto preminente, alcuni insegnanti sembrano quasi impazienti di introdurre l'argomento come se fosse risolutivo per fare capire che cosa sono gli acidi e le basi. Viceversa è evidente che il concetto di pH ha una funzione eminentemente pratica.

Prima di introdurre l'argomento conviene intanto riepilogare quelle che sono le condizioni di neutralità:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$$

le condizioni di basicità:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$$

e le condizioni di acidità:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$$

Se, come riportato nella prima colonna della tabella che segue [6], confrontiamo i valori dell'acidità di soluzioni acquose diverse, sotto forma di concentrazione idrogenionica, troviamo una gamma di valori molto ampia.

Tipo di soluzione	$[\text{H}_3\text{O}^+]$ a 25°C (mol L <sup>-1</sup> )	pH a 25°C
Soluzione 1 molare di HCl	$1,00 \cdot 10^0$	0,0
Succo gastrico	$3,98 \cdot 10^{-2}$	1,4
Succo di limone	$5,00 \cdot 10^{-3}$	2,3
Vino	$3,16 \cdot 10^{-4}$	3,5
Acqua	$1,00 \cdot 10^{-7}$	7,0
Borace 0,1N	$6,30 \cdot 10^{-10}$	9,2
Ammoniaca per usi domestici	$1,26 \cdot 10^{-12}$	11,9
Soluzione 1 molare di NaOH	$1,00 \cdot 10^{-14}$	14,0

Inoltre le differenze tra le varie concentrazioni idrogenioniche, trattandosi di valori piccoli e distribuiti su di una gamma molto ampia, si percepiscono con difficoltà e sfuggono ad un confronto; se si usa invece di una scala lineare,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , una scala logaritmica ad esempio il valore:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

tutto si semplifica, come riportato nella terza colonna della tabella precedente, si ottengono valori espressi con numeri semplici e confrontabili.

Nella figura 18, come suggerisce un noto libro di testo [4], si può dare anche una interpretazione grafica del calcolo, rendendo così più percepibile per gli studenti la scala logaritmica.

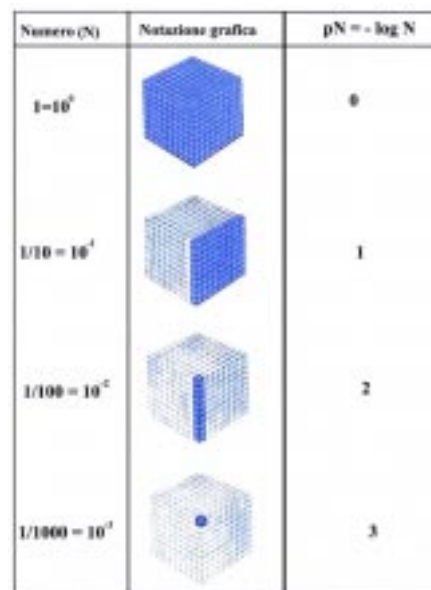


Figura 18

A questo punto si può facilmente dimostrare che per le soluzioni acquose in genere:

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{pKw}$$

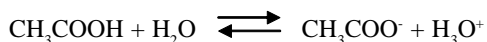
dove  $\text{pKw} = 14$ ; per le soluzioni basiche  $\text{pH} > 7$ , per le soluzioni acide  $\text{pH} < 7$  e per le soluzioni neutre  $\text{pH} = 7$ .

#### Unità didattica n.9: le soluzioni tampone

Questo sarebbe, da un punto di vista chimico un argomento con un carattere puramente applicativo, ad esempio le soluzioni tampone possono servire per tarare i piaccametri o ancora per eseguire misure o condurre reazioni che richiedono un valore di pH costante. Forse non varrebbe la pena di dedicargli in un programma essenziale e contenuto come questo eccessivo spazio, ma dal momento che le soluzioni tam-

pone rivestono una grande importanza in campo biochimico, è opportuno farne cenno.

Le soluzioni tampone sono formate da miscele di un acido debole e di un suo sale, quale acido acetico ed acetato sodico, oppure di una base debole e di un suo sale, quale ammoniaca e cloruro di ammonio; la loro capacità di mantenere entro certi limiti costante il valore del pH è dovuto al fatto che acido e sale vengono miscelati in quantità pressoché equimolecolari per cui l'equilibrio del tipo:

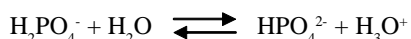
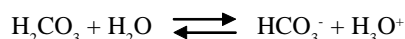


Grazie alla legge d'azione di massa, neutralizzata immediatamente ogni aggiunta di  $\text{H}_3\text{O}^+$  o di  $\text{OH}^-$  con formazione rispettivamente di  $\text{CH}_3\text{COOH}$  o di  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .

Le soluzioni tampone sono di facile preparazione ma eventualmente possono anche essere acquistate.

Entrando nel merito degli aspetti biologici si può intanto fare osservare che il sangue per trasfusione viene conservato ad un pH compreso tra 7,35 e 7,45 mediante un tampone costituito da acido citrico e citrato sodico.

Si farà ancora osservare che l'organismo non sopporta variazioni del pH del sangue che vadano oltre a  $\pm 0,3$  unità di pH e che l'organismo fronteggia questo problema mediante particolari tamponi che si trovano nel sangue, del tipo:



Questi equilibri hanno luogo alla temperatura del sangue ( $37^\circ\text{C}$ ) per cui abbiamo che  $\text{pK}_w = 13,6$ , e la neutralità corrisponde a  $\text{pH} = 6,8$ .

#### Unità didattica n.10: determinazione del pH

La determinazione del valore del pH di una soluzione si fa con l'uso di miscele di indicatori, come illustrato nella figura 19. In realtà in questo caso ci si limita a dire in quale intervallo di pH cade l'acidità della soluzione.

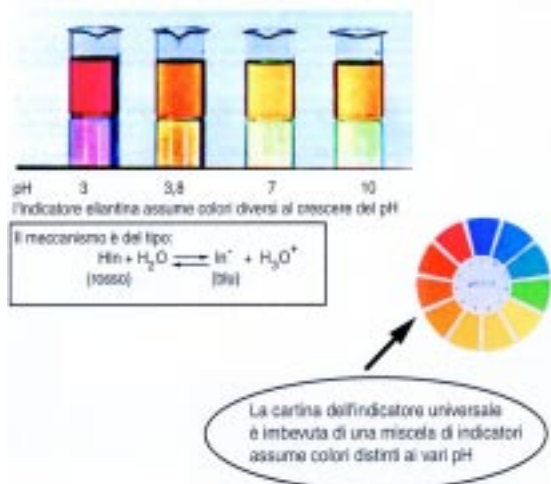


Figura 19

In modo più preciso si ottiene il valore di pH di una soluzione mediante misure potenziometriche; a questo scopo si usano i piaccametri<sup>7</sup>, strumenti simili ma solo nell'aspetto esterno ai conduttimetri visti in precedenza, che ci danno con un margine di errore ridotto il valore del pH (Fig. 20).



Figura 20

A conclusione di questo percorso, disponendo di piaccametri, si può allestire una esercitazione dove si controlla il pH di soluzioni tampone (facili da preparare o acquistabili), quindi si osserva sempre mediante il piaccametro come aggiungendo gradualmente dell'acido o della base alla soluzione tampone, il pH rimanga a lungo costante, mentre se si compie la stessa operazione su acqua distillata il pH varia molto rapidamente. Come sempre una simile esercitazione deve essere prima provata e messa a punto.

#### Bibliografia

- [1] E. Niccoli, *CnS-La chimica nella scuola*, 2004, **26**, 128
- [2] B. Caccetta, G. Gallo, A. Regis, D. Vione, E. Roletto, *CnS - La chimica nella scuola*, 2003, **25**,81.
- [3] A. J. C. Cunningham, J. D. Payzant, P. Kebarle, *J. Am. Chem. Soc.*, 1972, **94**, 7627
- [4] E. Niccoli, *Viaggio nella materia*, Mursia Ed., Milano, 1994
- [5] R. E. Dickerson, I. Geis, *Chimica Materia e Universo*, Zanichelli, Bologna, 1980
- [6] R. C. Weast (Editor), *Handbook of Chemistry and Physics*, The Chemical Rubber Co., Cleveland, 1972

<sup>7</sup> Per tarare i piaccametri si usano delle soluzioni tampone.

## La Caratterizzazione del miele del territorio di Corleto Perticara e territori limitrofi.

### Monitoraggio ambientale Area di progetto A.S. 2002- 2003

G. BENTIVENGA \*

M. D'AURIA \*\*

A. DE BONA \*

G. MAURIELLO \*\*

Il cambiamento dei programmi ministeriali negli Istituti Tecnici Industriali, ha portato all'introduzione dell'area di Progetto (1) che ha rappresentato e rappresenta uno spazio didattico ben definito nella organizzazione del lavoro didattico. L'area di Progetto è un modello d'articolazione curriculare ricavato all'interno del monte ore annuo delle discipline. Ogni disciplina può essere coinvolta per un numero di ore massimo pari al 10% del totale; inoltre particolare importanza riveste alla luce del nuovo Esame di Stato conclusivo della scuola media superiore, sia per il colloquio che da questa prende l'avvio sia, per i presupposti su cui si basa l'esame. Il progetto è iniziato nell'ambito della programmazione didattica, con una riunione del consiglio di classe dedicata alla definizione del progetto sulla base delle proposte espresse dai docenti, degli interessi manifestati dagli alunni, dalle IV° e V° il titolo del progetto è stato: caratterizzazione del miele del territorio di Corleto P. e dei territori limitrofi e monitoraggio ambientale. Questa attività ha avuto il compito di caratterizzare il miele prodotto e di monitorare l'ambiente I dati sono stati classificati in relazione alle zone e all'origine botanica, tipo pollinico dominante, tipi pollinici di accompagnamento, tipi pollinici importanti, tipi pollinici isolati.. <inoltre è stata eseguita l'analisi SPME-GC-MS di composti organici volatili nel miele della Basilicata prova per un monitoraggio ambientale mediante le api.

Il consiglio di classe ha considerato i seguenti elementi:

1. La strumentazione in possesso o che si poteva avere da fonti come l'Università di Basilicata, dall'Istituto Nazionale di Apicoltura di Bologna, dalle associazioni di apicoltori Internet ecc.
2. L'attrezzatura di cui la scuola è dotata: laboratori di chimica e relative apparecchiature, e alcuni strumenti sono stati messi a disposizione dal Dipartimento di chimica dell'Università di Basilicata;
3. L'impiego di docenti ed allievi;
4. Quali e quante risorse dovevano essere in gioco.

\* I.T.I.S. "A. EINSTEIN" Corleto Perticara sez. staccata di Potenza

\*\* Università degli studi della Basilicata - Potenza



Fig.1 - Apia

Il progetto è iniziato con la storia del miele e dell'apicoltura, poi ha coinvolto tutte le discipline scientifiche.. Naturalmente il nucleo centrale dell'area di progetto nel nostro caso è stata l'area scientifica e precisamente le materie della specializzazione chimica. Inoltre sono state coinvolte le discipline, come Inglese, Informatica e Italiano.

Dopo è stata definita la fase operativa per affrontare i vari aspetti del lavoro di ricerca, i compiti da assegnare ai vari docenti, le modalità e i tempi, i momenti da dedicare all'analisi in itinere del progetto ed criteri di verifica.

Le finalità e gli obiettivi programmati sono volti a:

- a) Favorire l'apprendimento di strategie cognitive mirate a comprendere come si formano e si evolvono le conoscenze;
- b) Far accogliere agli allievi le relazioni esistenti tra l'astratto ed il concreto;
- c) Sollecitare l'alunno ad affrontare nuovi problemi con autonomia e creatività;
- d) Favorire la socializzazione, il confronto delle idee, la tolleranza verso la critica esterna e l'insuccesso;
- e) Favorire il confronto tra la realtà scolastica e la realtà del lavoro con riferimento particolare a quello presente nel territorio.

#### Obiettivi generali e specifici

- 1) Studiare il miele e l'apicoltura sotto tutti gli aspetti sociali, letterari, storici, della composizione chimica, dell'alimentazione, legislativi, ecc.;
- 2) Studiare le sofisticazioni, alterazioni naturali ed artificiali, adulterazioni e falsificazioni;
- 3) Inserire nella programmazione didattica una serie di tecniche strumentali chimiche come la GC- MS;
- 4) Elaborazione dei dati al computer;
- 5) Presentare i risultati per sollecitare la gente a considerare le proprietà del miele, le grandi proprietà terapeutiche che ha contro gli stati di stress, le proprietà infiammatorie, anestetiche, antibatteriche, e cicatrizzanti dei propoli e l'uso della cera nella preparazione delle creme.

Da questi obiettivi generali sono scaturiti gli obiettivi specifici.

Lo studente deve essere in grado di:

- a) Saper eseguire correttamente la campionatura ;

- b) Rilevare dati attraverso indagini sperimentali ed elaborarli;
- c) Esporre in modo dettagliato una parte del lavoro globale;
- d) Collegare i vari aspetti interdisciplinari del progetto;
- e) Saper lavorare in gruppo;
- f) Individuare gli argomenti più importanti;
- g) Sintetizzare le informazioni;
- h) Rendere interessanti le esperienze anche per i non addetti.

### Svolgimento del progetto

IL compito dei docenti ha riguardato la fase di presentazione delle tematiche disciplinari, la metodologia adatta si è basata sulla didattica frontale arricchita da momenti di dialogo e discussione con gli studenti, prelievi del miele dalle arnie sotto la supervisione degli apicoltori e analisi in laboratorio. Gli argomenti che sono stati affrontati nel progetto hanno coinvolto diverse aree disciplinari:

- 1) Le materie specifiche di indirizzo (analisi chimica strumentale, tecnologie chimiche, chimica organica e fermentazione);
- 2) La lingua inglese per la traduzione degli articoli legge ecc.
- 3) La matematica per la presentazione, elaborazione e lettura dei dati;
- 4) L'informatica per le elaborazione dei dati (tabelle) e la ricerca su internet;
- 5) La storia e la geografia per l'uso e la produzione presso le antiche civiltà, e tradizioni locali;
- 6) La lingua italiana per la stesura del lavoro, letture di brani e di poesie sull'argomento.

### Parte sperimentale

Il prelievo del miele è stato effettuato sia nelle arnie posizionate vicine ai pozzi petroliferi e nella zona del futuro centro oli, e nelle zone lontani dai pozzi. Sono stati inoltre prelevati campioni in luoghi lontani dai territori di Corleto P. (PZ) distanti da 12 Km a 6° Km.

L'analisi melissopolinologica è stata effettuata dall'Istituto Nazionale di Apicoltura di Bologna diretto dalla Dr Anna Gloria Sabatini. Dalle Tabelle A e B risulta che il tipo pollinico dominante è la castanea nella maggior parte dei mieli; in tre campioni è assente, in un campione è presente l'*Asparagus acutibolius*. I tipi pollinici di accompagnamento nella maggior parte dei campioni sono assenti, nel resto dei campioni sono presenti l'*Hedysarum*, castanea, *Asparagus acutifolius* e *Hedera*. I tipi pollinici isolati importanti prevalenti sono: *Robus f.*, *Hedera* e *Asparagus, acutifolius*. Tra i pollini non nettariiferi prevalgono il *Papaver*, *Quercus ilex gr.*, *quercus robur gr.*, *Graminaceae* ecc. Gli elementi indicatori di melata risultano assenti o sono presenti in piccola quantità. L'origine botanica è millefiori nella quasi totalità dei campioni, in altri è miele di castagno e millefiori a prevalenza di sulla. L'origine geografica ci dice che lo spettro pollinico dei campioni di miele corrisponde ad una produzione nazionale. Nei nostri laboratori abbiamo fatto solo le analisi più semplici come determinare l'acqua al rifrattometro, analisi gravimetrica (ceneri, sostanze insolubili), acidità libera (Ph, potenziometria), conducibilità elettrica, potere rotatorio specifico.

### Analisi SPME-GC-MS

**182** Questa analisi è stata eseguita presso il laboratorio del Dipartimento di Chimica dell'Università di Basilicata; dove abbiamo portato gli studenti per far conoscere e usare prati-

camente lo strumento, dopo le lezioni teoriche. La SPME-GC-MS è stata importante per determinare i composti volatili ed è anche servita per il monitoraggio ambientale.

L'aroma del miele è stato oggetto di numerosi studi da molti anni. La composizione della frazione volatile del miele dipende dall'origine floreale, dalle abitudini alimentari e dalla fisiologia delle api. Allo stato attuale sono stati identificati nel miele di differenti origine floreale più di 400 composti. Considerando solo gli studi più recenti, 110 composti sono stati trovati in 43 tipi di miele di differenti origini botaniche e geografiche.<sup>1</sup> 400 composti sono stati identificati mediante tecniche gascromatografiche accoppiate alla spettrometria di massa al fine di identificare possibili "marker" dell'origine floreale del miele.<sup>2</sup> 72 composti sono stati identificati in mieli provenienti dalla Spagna.<sup>3</sup> La tecnica dell'SPME è stata utilizzata al fine di determinare i componenti costituenti l'aroma del miele.<sup>4</sup>

L'SPME (solid phase microextraction) è una tecnica di preparazione del campione basata sull'assorbimento dell'analita su una fibra. Questa tecnica può essere utilizzata per estrarre e concentrare gli analiti sia per immersione della fibra in una fase liquida, che per esposizione della stessa ad una fase gassosa. Dopo l'esposizione della fibra, gli analiti assorbiti possono essere desorbiti termicamente nella camera di iniezione di un gascromatografo convenzionale. L'SPME presenta molti vantaggi rispetto alle tecniche convenzionali di preparazione del campione. La tecnica SPME è molto semplice da usare, richiede per essere completata meno di un'ora, è poco costosa, non richiede estrazioni con solventi e permette la caratterizzazione diretta dello spazio di testa per contatto con il campione da analizzare.

Abbiamo analizzato 13 campioni di miele (Tabella 1 *in appendice*). In tutti i campioni abbiamo trovato un composto che non era mai stato trovato nel miele, il 2-etil-3-idrossiesil 2-metilpropanoato. In 11 campioni abbiamo trovato un altro estere dello stesso tipo, il 2,2-dimetil-1-(2-idrossi-1-metiletil)propil 2-metilpropanoato, che non è mai stato trovato nel miele. Il primo composto è stato trovato nelle albicocche,<sup>5</sup> mentre l'altro estere è stato trovato nel tè verde.<sup>6</sup> È da notare la presenza in otto campioni di 1-butileptilbenzene, di 1-pentileptilbenzene in nove campioni, di 1-butilottilbenzene in dieci campioni, di 1-propilnonilbenzene in otto campioni, e di 1-pentilottilbenzene in sette.

La presenza di questi idrocarburi aromatici nel miele rappresenta un'indicazione di un possibile problema ambientale. Questo tipo di composti viene usato comunemente come marker di inquinamento nelle acque.<sup>7</sup>

Abbiamo provato a verificare se questi idrocarburi derivavano dalla cera (Tabella 2 *in appendice*). Sono stati trovati molti idrocarburi lineari ma non idrocarburi aromatici. Alcuni anni fa sono stati identificati alcuni idrocarburi aromatici dello stesso tipo nella segatura di legno di quercia, estratta con diclorometano.<sup>8</sup> Per verificare la possibilità che questi composti derivassero dai fiori di quercia abbiamo analizzato i fiori, senza ottenere nessun risultato. Abbiamo provato anche ad analizzare la segatura di quercia, ma anche in questo caso non abbiamo trovato traccia dei composti in questione. In definitiva, quindi, abbiamo trovato alcuni composti la cui origine non ci è chiara. Alcune altre ipotesi verranno verificate nel futuro.

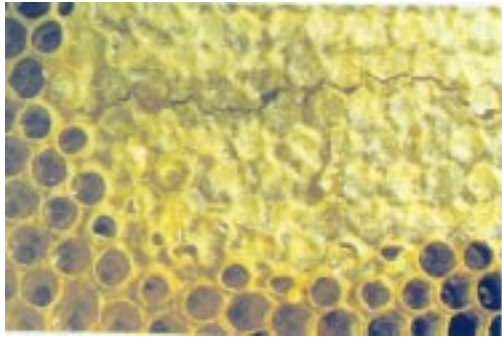


Fig. 2 - Favo di miele opercolato



Fig. 3 - Mieli difettosi



Fig. 4 - Composizione media del miele

### Obiettivi raggiunti

Un ruolo importante è stato dato all'analisi tecnica strumentale chimica e soprattutto alla tecnica SPME-GC-MS, all'uso di internet, Excell ecc., ciò ha stimolato negli studenti lo sviluppo di conoscenze e competenze sempre più importanti nel mondo contemporaneo e la consapevolezza dei molteplici punti di vista dai quali si può analizzare un problema. Hanno capito cosa sia e come si conduce un lavoro di gruppo, sviluppando capacità di mettere insieme una serie di strategie individuali per raggiungere un obiettivo comune. Gli studenti hanno compreso l'importanza e la qualità delle risorse del loro territorio e precisamente l'ottima qualità del miele e degli altri prodotti dell'alveare come la pappa reale, i propoli, il polline ecc.

### Bibliografia

1. A. Bartolommeoni-R. Pentinalli "acqua risorsa e conquista dell'uomo" n°2 nuova secondaria 1999 anno XVII.
2. Istituto Nazionale di Apicoltura di Bologna : Conoscere il miele, guida all'analisi sensoriale.

3. Istituto Nazionale di Apicoltura di Bologna : Il ruolo della ricerca in apicoltura, atti del convegno finale. Bologna, marzo 2002:
4. Apicoltura, il sapore di una storia. Leader II Helena Isabel Guedes, Maria Teresa Fida, Bruno Pasini, Emiliano Rossi , coordinatore Manuel Lameiro Ces.
5. Radovic, B. S., Careri, M., Mangia, A., Musci, M., Gerboles, M. & Anklam, E. (2001) Contribution of dynamic headspace GC-MS analysis of aroma compounds to authenticity of honey, *Food Chemistry*, 72, 511-520.
6. Guyot, C., Scheirman, V. & Collin, S. (1999) Floral origin of heather honeys: *Calunna vulgaris* and *Erica arborea*, *Food Chemistry*, 64, 3-11.
7. Moreira, R. F. A., Trugo, L. C., Pietrolungo, M. & De Maria, C. A. B. (2002) Flavor composition of cashew (*Anacardium occidentale*) and marmeleiro (*Croton* species) honeys, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7616-7621.
8. Perez, R. A., Sanchez-Brunete, C., Calvo, R. M. & Tadeo, J. L. (2002) Analysis of volatiles from Spanish honeys by solid-Phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2633-2630.
9. Gomez, E., Ledbetter, C. A. & Hartsell, P. L. (1993) Volatile compounds in apricot, plum, and their interspecific hybrids, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1669-1676.
10. Shimoda, M., Shigematsu, H., Shiratsuchi, H. & Osajima, Y. (1995) Comparison of the odor concentrates by SDE and adsorptive column method from green tea infusion, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1616-1620.
11. a) Venkatesan, M. I., Northrup, T. & Phillips, C. R. (2002) Determination of linear alkylbenzenes in fish tissue by gel permeation chromatography and gas chromatography-mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 942, 223-230. b) Aramendia, M. A., Borau, V., Garcia, I., Jimenez, C., Lafont, F., Marinas, J. M. & Urbano, F. J. (1998) Determination of volatile organic compounds in drinking and waste water from Cordoba (Spain) by closed-loop stripping analysis in combination with gas chromatography coupled with mass spectrometry, *Toxicological and Environmental Chemistry*, 67, 9-25. c) Hartmann, P. C., Quinn, J. G., King, J. W., Tsumuni, S. & Takada, H. (2000) Intercalibration of LABs in marine sediment SRM194a and their application as a molecular marker in Narragansett Bay sediments, *Environmental Science and Technology*, 34, 900-906. d) Lepri, L., Desideri, P. & Del Bubba, M. (1997) Analysis of organic pollutants in a wastewater treatment plant, *Annali di Chimica (Rome)*, 87, 317-335. e) Slobodnik, J., Louter, A. J., Vreuls, J. J., Liska, L. & Brinkman, U. A. (1997) Monitoring of organic micropollutants in surface water by automated online trace-enrichment liquid and gas chromatographic systems with ultraviolet diode-array and mass spectrometric detection, *Journal of Chromatography A*, 768, 239-258. f) Preston, M. R. & Raymundo, C. C. (1993) The associations of linear alkyl benzenes with the bulk properties of sediments from the River Mersey estuary, *Environmental Pollution*, 81, 7-13. g) Juettner, F. (1992) Flavor compounds in weakly polluted rivers as a means to differentiate pollution sources, *Water Science and Technology*, 25, 155-164.
12. Guillen, M. D. & Manzanos, M. J. (2001) Some compounds detected for the first time in oak wood extracts by GC/MS, *Sciences des. Aliments*, 21, 65-70.

## APPENDICE

Composizione media del miele **Tab. A-B****ANALISI MELISSOPALINOLOGICA tab A**

Camp. N°	Zona	Tipo pollinico dominante	Tipi pollinici di accompagnamento	Tipi pollinici isolati importanti	Tipi pollinici isolati
1	Baruncoli (Corleto P)	castanea	assenti	Rubus f., Asparagus acutifolius, Hedera	Lotus, Compositae J. Clematis, Hedysarum, Umbelliferae, Asphodelus, Melilotus, Onobrychis, Trifolium pratense gr., Compositae T., Vicia, Labiatae, Compositae S., Trifolium repens gr., Eucalyptus, Trifolium incarnatum.
2	Difesa (Corleto P.)	castanea	assenti	Hedera, Umbelliferae Lotus, Compositae J.	Trifolium repens gr., Medicago, Prunus f., Eucalyptus, Rubus f., Melilotus, Robinia, Clematis, Echium, Vicia Compositae S., Verbena, Hedysarum, Compositae T.
3	Costa-Palazza (Corleto P.)	castanea	Hedysarum	Eucalyptus, Asparagus acutifolius, Rubus f.	Ononis natrix, Compositae J., Cruciferae, Trifolium repens gr., Lotus, Nigella, Umbelliferae, Hedera, Robinia, Borago, Verbena, Liliaceae, Compositae T., Echium, Onobrychis, Trifolium incarnatum, Clematis.
4	Tito (PZ)	castanea	assenti	Compositae J., Umbelliferae, Eucalyptus.	Rubus f., Compositae S, Compositae T, Rhamnaceae, Labiatae, Prunus f., Melilotus, Cruciferae, Liliaceae, Trifolium incarnatum, Polygonum aviculare, Clematis, Caryophyllaceae, Trifolium repens gr., Ononis spinosa, Onobrychis, Ailanthus, Teucrium, Lonicera.
5	Perticara (Corleto P.)	castanea	assenti	Rubus f., Hedysarum	Lotus, Umbelliferae, Trifolium pratense gr., Melilotus, Trifolium repens gr., Compositae J, Prunus f., Vicia, Trifolium incarnatum, Compositae t, Labiatae, Lonicera, Clematis
6	Potenza	assente	Castanea, Asparagus acutifolius	Rubus f., Hedera, Compositae J.,	Compositae S., Ailanthus, Melilotus, Trifolium pratense gr Parthenocissus, Prunus f., Cruciferae, Sedum, Buddleja, Compositae T., Onobrychis, Umbelliferae, Gleditsia, Salix, Trifolium repens gr., Eryngium, Lotus, Eucalyptus, Oxalis, Labiatae, Medicago, Allium f., Clematis, Rhamnaceae, Ononis spinosa, Nigella, Carlina f., Trifolium incarnatum, Lonicera, Tilia, Centaurea cyanus, Convolvulus.
7	Monticchio (PZ)	Castanea	assenti	assenti	Rhamnaceae, Rubus f., Clematis, Ailanthus, Umbelliferae, Trifolium pratense gr., Pontentilla, Prunus f., Melilotus, Citrus Amorpha, Centaurea cyanus.
8	Bradia (Corleto P.)	assente	Castanea, Hedysarum	Eucalyptus, Prunus f.	Nigella, Rubus f., Onobrychis, Asparagus acutifolius, Citrus Trifolium pratense gr., Ononis natrix, Hedera, Cruciferae, Trifolium repens gr., Clematis, Umbelliferae, Melilotus, Melilotus, Myosotis, Carlina f.
9	Capobianco (Laurenzana)	assente	Hedysarum, Rubus f., Castanea	Ononis spinosa, Trifolium repens gr.	Lotus, Melilotus, Clematis, Onobrychis, Prunus f., Vicia Trifolium pratense gr., Pontentilla, Ligustrum f., Gleditsia, Trifolium incarnatum, Teucrium, Nigella
10	Albano di Lucania	Asparagus acutifolius	Hedera	Trifolium pratense gr.	Rubus f., Genista f., Oxalis, Edysarum, Umbelliferae Allium f.
11	Baruncoli (Corleto P.)	castanea	assente	Rubus f.	Nigella, Onobrychis, Asparagus acutifolius, Allium f., Trifolium incarnatum, Hedysarum, Hedera, Clematis, Lotus Trifolium repens gr., Vicia, Umbelliferae, Labiatae, Verbena Eucalyptus, Lonicera, Prunus f., Malvaceae, Compositae J.

**ANALISI MELISSOPALINOLOGICA tab B**

Camp. N°	Zona	Tipi pollinici non nettariiferi	Elementi indicatori di melata	Origine botanica	Origine geografica
1	Baruncoli (Corleto P.)	Papaver	presenti in piccola quantità	miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
2	Difesa (Corleto P.)	Hypericum, Filipedula, Papaver, Aruncus, Vitis.		miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
3	Palazza-Costa (Corleto P.)	Cistaceae, Artemisia Olea, Quercus robur		miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
4	Tito (PZ)	Mercurialis, Plantago, Papaver.	presenti in piccola quantità	miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
5	Perticara (Corleto P.)	Cistus, Graminaceae	assenti	miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
6	Potenza	Quercus ilex gr., Quercus robur gr., Plantago, Papaver, Mercurialis, Populus, Chenopodiaceae	presenti in piccola quantità	miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
7	Monticchio (PZ)	Papaver, Oleaceae Quercus ilex gr., Graminaceae	assenti	miele di castagno	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
8	Bradia (Corleto P)	Oleaceae, Papaver Plantago, Xanthium Quercus robur gr.,	assenti	miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
9	Capobianco (Laurenzana)	Plantago, Cistaceae Graminaceae, Papaver.	presenti in piccola quantità	millefiori a prevalenza di sulla	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
10	Albano di Lucania	Chenopodiaceae, Papaver.		miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.
11	Baruncoli (Corleto P.)	Graminaceae, Papaver, Oleaceae Artemisia.		miele millefiori	lo spettro pollinico del campione di miele in esame corrisponde a una produzione nazionale.

Tabella 1 - Composti organici volatili nel miele

Composto	t.r. [min]	Campione												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Etanolo	1.62	4.1	3.1			2.1			0.9		1.7			0.9
Esano	2.02											0.1		0.3
Benzaldehide	7.81				0.5			0.6	3.2			0.4		0.2
Benzeneacetaldeide	9.62	1.8										1.5	0.7	0.4
1-Ottanolo	10.13											0.3	0.2	0.4
Nonanale	10.83	1.9	3.0	0.8	1.0	1.5	1.2		2.5	0.7		0.3	0.3	0.7
Lilac aldeide A	11.62	1.3			2.3			1.3	0.4			0.7	0.3	
Lilac aldeide B	11.79	2.3			3.5			3.0	0.7			1.2	0.7	
Lilac aldeide C	12.08	1.2			1.8			1.3				0.7	0.3	
Nonanolo	12.12		0.4			0.3								
2-(1-Metiletil)-5-metil-cicloesano	12.20											0.1		
Decanale	12.79	1.0	0.4	0.2	0.3		0.5		1.4			0.2	0.2	0.3
Lilac alcol D	12.94				0.7									
1-Decanolo	13.97												0.3	
3-Fenil-2-propenale	14.04								2.9					
exo-Bornil acetato	14.34											1.8	2.5	2.8
Tridecano	14.45											0.8	0.9	0.8
N,N-Dibutilformammide	14.57	0.9							2.5			0.5		
8-Idrossilinalolo	15.54				1.5			0.8						
2,2-Dimetil-1-(2-idrossi-1-metiletil)propil 2-metilpropanoato	15.44	1.4	0.3	1.2	1.8	1.0	1.1	1.2	3.3	0.6	0.6		0.2	
2-Etil-3-idrossiesil 2-metilpropanoato	15.79	2.0	0.6	1.7	2.4	1.3	1.6	1.7	3.9	0.8	0.8	1.0	0.3	0.7
Neril acetato	15.87											0.3	0.4	0.5
Dodecanale	16.30	0.5	1.0	0.4								0.4	0.4	0.6
$\alpha$ -Cedrene	16.55						0.3			0.2		0.2	0.4	1.0
$\alpha$ -Amorfene	16.70												0.3	1.0
6,10-Dimetil-5,9-undecadien-2-one	17.03	0.4		0.4					0.4		1.0		0.1	0.2
2,6-Di- <i>t</i> -butil-4-idrossi-4-metil-2,5-cicloesadien-1-one	17.34	1.7			1.5	1.4						2.0	1.3	2.7
4-Metil-2,6-di- <i>t</i> -butilfenolo	18.02											0.3	0.2	0.3
Metil dodecanoato	18.09											1.5	2.3	1.5
Lilial	18.25			0.2				1.6	5.5					0.1
1-Butilesilbenzene	18.35												0.2	
1-Propileptilbenzene	18.48												0.2	
1-Etilottilbenzene	18.76												0.3	
Esadecanale	19.42			0.4										
1-Metiletil dodecanoato	19.60	0.6		0.5				0.4	1.0		0.5	0.6	0.2	0.4
1-Pentilesilbenzene	19.73												0.6	
1-Butileptilbenzene	19.78	0.3	0.5	0.3				0.7	0.4			0.5	1.4	0.5



**Tabella 2** – Composti organici volatili nella cera

Composto	t.r.[min.]	Area %	
		Campione 1	Campione 2
Etanolo	1.62	0.5	
Limonene	9.29	0.2	
Nonanale	10.83	0.3	0.9
Acido ottanoico a	12.08	0.2	
Dodecano	12.65	0.2	
Decanale	12.79	1.1	3.7
Acido nonanoico	13.85	0.2	
2-(1-Metiletil)-5-metilfenolo	14.33	2.7	2.0
Tridecano	14.44	0.2	2.5
Eptacosano	14.91	0.2	
Acido decanoico	15.53	0.2	
Tetradecano	16.13	0.3	0.4
Dodecanale	16.30	0.9	
Pentadecano	17.70	0.6	
Aromadendrene	17.80	0.2	
Ottadecanale	17.89	0.3	
$\beta$ -Cubebene	18.10	0.1	
$\delta$ -Cadinene	18.21	0.3	
Tridecanale	19.41	0.4	
2-Isopropil-5-metil-9-metilene-biciclo[4.4.0]dec-1-ene	19.97	0.6	
$\beta$ -Guaiene	20.17	1.2	
Eptadecano	20.61	1.8	
Cromoleanina	21.05	0.1	
Benzil benzoato	21.66	0.2	
Tetracosano	21.96	0.3	
Pentadecanale	22.21	0.1	
Nonadecano	23.24	2.4	
Eptacosano	24.46	0.2	
Eneicosano	25.64	0.9	



## La recitazione

*Lettera al Lettore*

di Ermanno Niccoli

*Lettera al Lettore*

*Lettera al Lettore*

*Lettera al Lettore*

Gentile Collega, ormai ho acquisito la certezza che la didattica non sia una scienza, sempre più spesso mi viene da pensare che sia una delle tante forme di conoscenza. La didattica, se la dovessi paragonare a qualche altra cosa, direi che ha molti punti di affinità con la rappresentazione teatrale dove la compagnia corrisponde al consiglio di classe e il pubblico ai nostri sventurati alunni.

Nel tentativo di cacciare i miei dubbi vorrei riassumere alcune riflessioni ricavate dai vari testi di didattica generale e dagli articoli di didattica disciplinare.

In particolare, la didattica nel tentativo di darsi un fondamento teorico fa costante riferimento alle teorie psicologiche sullo sviluppo cognitivo e sull'apprendimento ma contemporaneamente le suddette teorie si scontrano con la complessità del comportamento umano, esse con l'approfondimento si fanno sempre più vaghe e indefinite.

Ogni comunicazione, di qualunque genere essa sia, assomiglia sempre di più ad un "happening esperto" dove non tutto è prevedibile ma dove alcune regolarità nel comportamento e nel modo di percepire le cose tendono a ripetersi e ad auto organizzarsi.

Possiamo così avvicinare la ormai mitica lezione frontale partecipata alla recita teatrale o alla terapia di gruppo.

In queste attività sicuramente conta la conoscenza dei problemi, la capacità di riconoscere certi comportamenti e la padronanza dei contenuti, ma di fronte alla variabilità ed alla novità delle situazioni dobbiamo mettere in campo la flessibilità mentale, l'intuizione, l'inventiva cioè un pensiero creativo.

La conoscenza sul versante psicologico e disciplinare e la creatività sul versante della comunicazione non marcano disgiunti ma continuamente si alimentano a vicenda. In buona sostanza sembrerebbe di poter dire che l'insegnamento, analogamente ad ogni altra situazione di comunicazione collettiva, comporta un continuo intreccio del pensiero paradigmatico e del pensiero sintagmatico (Bruner) o, se preferiamo, di conoscenza dei fenomeni e di capacità di narrazione.

In questa ottica quale è il ruolo della programmazione?

Volendo assumere la rappresentazione teatrale come utile metafora, possiamo fare osservare che gli attori ed il regista organizzano il testo e la scena, mandano a mente il copione, riflettono sulla natura dello spettacolo e sulla possibilità di utilizzare la propria esperienza (ferri del mestiere).

Qualcosa di analogo vale anche per gli insegnanti: essi de-

vono fare degli approfondimenti, devono porre i contenuti in relazione agli obiettivi, devono scegliere i metodi di lavoro e predisporre strumenti di verifica.

Viceversa un passaggio ineludibile per gli attori ma spesso eluso dagli insegnanti è dato dalle prove generali. Quante volte è successo che ci accorgiamo dell'inefficacia della nostra esposizione solamente in corso d'opera?

Gli attori ogni qualvolta mettono in scena un nuovo spettacolo, se sono attori di vaglia, cercano di inquadrare l'opera sotto il profilo culturale e storico.

Anche gli insegnanti dovrebbero fare un lavoro analogo; in particolare sarebbe auspicabile un approfondimento da un punto di vista storico oltre che disciplinare, inoltre ogni volta si richiederebbe una puntuale distinzione tra disciplina e materia di insegnamento.

Compiere questa distinzione significa portare alla luce tutti i condizionamenti derivanti dalla incompleta maturazione mentale degli alunni, dalla disponibilità o meno di certi ausili didattici, dai limiti culturali di ogni insegnante, dalle conoscenze pregresse degli alunni.

Ma al di là di tutto ciò, abbandonando la metafora teatrale, che cosa significa per un alunno capire come funziona una leva o acquisire ad esempio il concetto di frazione ordinaria?

La risposta è che l'alunno deve farsi una rappresentazione mentale dei concetti, deve inoltre sapersi immaginare processi e trasformazioni che interessano i concetti stessi, deve sapere immaginare processi diversi e alternativi e formulare ipotesi di verifica dei processi stessi, deve sapere individuare i parametri che regolano un sistema e comprendere come in determinate trasformazioni alcuni parametri vengono tenuti costanti e così via.

Alla luce di tutte queste osservazioni possiamo chiederci ancora una volta: quale è il compito della didattica?

La risposta è esatta e generica ad un tempo: la didattica è l'arte di creare le condizioni più adatte affinché i suddetti processi di formazione avvengano. Questo presuppone che l'alunno è un essere dotato di attività spontanea.

In questo contesto quale ruolo gioca l'attività di programmazione?

A mio avviso un ruolo importante ma di tipo soprattutto organizzativo.

La distinzione classica della programmazione in contenuti, metodi, obiettivi e verifica, ci presenta la programmazione suddivisa in parti nettamente distinte ma anche fortemente

interconnesse tra loro, una sorta di struttura rigida ma con una chiara articolazione interna.

Si riesce in questo modo a portare una certa chiarezza nel processo di insegnamento ma non altrettanta chiarezza, organizzativa, nel processo di apprendimento, nello stesso tempo sembra voler unificare i due aspetti che viceversa sappiamo essere interconnessi ma distinti (principi del costruttivismo).

Ad un esame approfondito ad esempio la distinzione tra contenuti e obiettivi sotto il profilo dell'apprendimento non regge, i due concetti sfumano l'uno nell'altro, in modo analogo la distinzione tra metodi di lavoro e metodi di verifica appare forzata tanto più se si parla di valutazione formativa.

Gli obiettivi enunciati per l'insegnamento non è detto che corrispondano o siano più importanti degli obiettivi conseguiti nell'apprendimento; l'importanza degli obiettivi può

variare da individuo ad individuo.

Per concludere nella programmazione non si sottolinea a sufficienza la centralità di alcuni aspetti. A livello della scuola media sono centrali gli obiettivi legati allo sviluppo cognitivo mentre a livello di liceo sono centrali gli obiettivi legati alla conoscenza dei contenuti disciplinari.

Concludendo la programmazione non va sottovalutata ed è bene che segua determinate regole, ma non dobbiamo cadere nell'equivoco di pensare che l'insegnamento e l'apprendimento si esauriscono con una buona programmazione.

Quando entriamo in classe è come se si aprisse un sipario e, nel senso più corretto del termine, comincia la nostra recita, naturalmente come si usa ora l'attore scende tra il pubblico e lo trascina con sé.

Ti saluto cordialmente

**Ermanno Niccoli**



Questa lettera alla redazione (e quindi anche a me stesso) vorrebbe costituire un invito all'intervento per tutti i lettori. Speriamo bene ...

Si è di recente aperto un dibattito piuttosto serrato sul problema dell'introduzione precoce (Scuola Secondaria di primo grado) delle teorie evuzionistiche. Un nutrito gruppo di docenti ha inviato a CnS una lettera al riguardo, lettera che è stata pubblicata nel numero scorso (4/2004). Questo dibattito ha avuto due componenti principali; in modo forse troppo schematico possiamo così sintetizzarle:

a) La prima componente, che alla lontana ha dato origine alla querelle, è di tipo ideologico; si fronteggiano da una parte gli "evuzionisti", che fra i professionisti della scienza costituiscono da tempo una schiacciante maggioranza, dall'altra coloro che alla teoria dell'evoluzione si oppongono, sostenendo che le prove al riguardo sono tutt'altro che definitive e che il creazionismo è vivo e vegeto.

b) La seconda componente riguarda la scuola, ed è di tipo didattico: da una parte si sostiene che l'introduzione della teoria evuzionistica nella fascia di età 11 – 14 anni sia prematura, dall'altra si sostiene che anche in detta fascia di età si debbano avere notizie riguardo a un tema di tale importanza.

Non ritengo utile addentrarmi nella disputa ideologica; la questione didattica deve essere invece affrontata con la massima chiarezza. E nella questione didattica emerge un problema che merita un nutrito dibattito: dobbiamo effettivamente ridurre al minimo ciò che viene proposto a scuola, in

modo che gli allievi siano sempre in grado di padroneggiare ciò che viene loro sottoposto, oppure possiamo convivere anche con livelli di comprensione più modesti, accettando a volte proposte didattiche di tipo più informativo? Riguardo a questo quesito ho già preso una posizione netta, espressa in due articoli pubblicati recentemente (vedi P. Riani, V. Massidda, CnS ecc.).

Una delle posizioni che più spesso ricorrono è fondata sul fatto che nei primi livelli scolastici il lavoro sulle scienze sperimentali debba procedere esclusivamente sul piano fenomenologico, senza lasciar spazio alle teorie: niente evoluzione, quindi. Non sono un esperto al riguardo, ma devo notare che autori di chiara fama sostengono che i bambini di qualsiasi età hanno le loro teorie per interpretare ciò che osservano; il periodo della scuola elementare è quindi un periodo di osservazioni, generalizzazioni e teorie conseguenti. Per gli allievi della scuola elementare e della scuola media l'evoluzione dei viventi non costituisce una storiella insignificante: costituisce invece, in molti casi, un argomento che suscita notevole interesse. Naturalmente, e qui sta il nodo della faccenda, non si tratta di procedere a un'esposizione sistematica delle varie teorie dell'evoluzione, da Lamarck in poi: si tratta invece di affrontare un argomento chiave per tutta l'area scientifica, quello del continuo e lento mutamento del mondo che ci circonda, vivente e non vivente. Sono quindi d'accordo sull'esclusione delle teorie strutturate, sono totalmente contrario all'esclusione di un quadro evuzionista generale.

Con franchezza, apprezzo sempre meno il tentativo di portare avanti un progetto iperminimalistico: la comprensione è un fenomeno complesso e graduale, e non assolutamente vero che i bambini non capiscano assolutamente nulla se posti di fronte a una situazione complessa. Il minimalismo ammazza la varietà della conoscenza, e quindi la curiosità.

A mio giudizio, gli effetti di siffatta impostazione didattica possono essere alla lunga assai deleteri, soprattutto se il tutto viene collocato nell'attuale situazione di generale disinformazione riguardo a tutto ciò che compete all'area scientifica. L'area chimica è poi sotto volontario o involontario tiro: basti pensare che, negli obiettivi specifici a corredo dei piani di studio per la scuola media recentemente proposti (piani per i quali non resta che sperare in significative modifiche), l'unico argomento fortemente correlato alla chimica è il seguente. "Primo approccio alla chimica: acidi, basi e sali nell'esperienza ordinaria come esempi di sostanze chimiche". Il tutto fra classi prima e seconda; nulla di Chimica per la classe terza (che è la classe delle scelte!).

Siano ben chiari alcuni aspetti della mia posizione: nessuna difesa di enciclopedismi vari, e neppure nessuna tentazione corporativa. Difendo semplicemente l'esigenza di mettere a disposizione degli insegnanti non solo i percorsi di base (necessariamente asciutti e quindi tendenzialmente "minimali"), ma anche una certa varietà di "proposte appetibili". Queste proposte potranno servire agli stessi insegnanti per scegliere argomenti in grado di suscitare interesse fra gli allievi; potranno anche costituire la base per la costruzione di percorsi didattici integrativi destinati agli allievi più motivati. E ora, due parole su un aspetto squisitamente politico. La mia personalissima impressione è che sia stata tesa una trappola, nella quale i firmatari della già citata lettera sono ca-

scati in nome della didattica. La chiave del problema è stata quella di incentrare tutto su un nome: Darwin. Un nome evidentemente di tutto rispetto, ma che non può essere identificato in modo biunivoco con ciò che sta a cuore, ovvero il concetto di evoluzione (per parlar chiaro: Darwin è evoluzione, ma evoluzione non è necessariamente Darwin). Una cosa balzava agli occhi nella stesura ministeriale degli O.S.A. per scuola elementare e scuola media: la mancanza di qualsiasi accenno ai dati di fatto che l'aspetto della Terra è cambiato (e continua a cambiare) e che i viventi che popolano la terra sono cambiati (e continuano a cambiare). Che cosa si racconta al ragazzino curioso e interessato che raccoglie una conchiglia fossile in montagna o che vede in un museo lo scheletro di un animale preistorico? Quanto poi a Darwin, mi pare opportuno che un allievo in uscita dalla Scuola Media abbia quantomeno qualche informazione sulla sua opera e sull'epoca nella quale è vissuto.

Dovrebbe essere abbastanza chiaro: probabilmente i "ministeriali" non sono sostenitori delle teorie creazioniste e fissiste. Il problema è un altro: creazionisti e fissisti si sono recentemente dati da fare, appoggiandosi a una ben determinata parte politica e ricevendo fra l'altro sponsorizzazioni per un convegno (sicuramente di elevatissimo livello scientifico!) da parte di enti locali anche essi ben qualificati politicamente. Che fare, allora? Non si può certo, nella stesura dei piani di studio per la futura scuola, far riferimento al fissismo e al creazionismo; si può però scavalcare il problema evitando qualsiasi riferimento al concetto di evoluzione. Per poi dare, di tutta questa operazione, una bella interpretazione in chiave didattico - pedagogica. Qualcuno ci cascherà ...

**Pierluigi Riani**

## **GIOCHI DELLA CHIMICA 2005**

### **Programma Ufficiale dei Giochi della Chimica 2005**

**30 aprile 2005 ore 10.00**

**Finali Regionali dei Giochi della Chimica in tutte le sedi**

**25 maggio 2005**

**Finali Nazionali - Frascati**

**28 maggio 2005**

**Selezione Olimpiade - Frascati**

**giugno e luglio 2005**

**Prove di selezione - Pavia**

**15-25 luglio 2005**

**XXXVII Olimpiade a Taipei (Taiwan)**

**190** I Responsabili regionali dei Giochi della Chimica sono visibili sul sito ufficiale della Divisione di Didattica  
<http://www.ciam.unibo.it/didichim>

## Gruppo Giovani

# La Chimica a Scuola e nell'Università: un futuro possibile?

MARCO FRANCESCHIN

marco.franceschin@uniroma1.it

Certo, non è facile parlare di futuro in un clima di grandi incertezze, quale sicuramente è quello del mondo della Scuola e dell'Università attualmente in Italia. Le riforme si susseguono a ritmo incessante, ed è difficile farsi un'idea precisa di ciò che sta accadendo. Se prendiamo ad esempio l'immissione in ruolo nella scuola, si è passati dai mega-concorsi nazionali alle SSIS, che dopo pochi anni di attività (così pochi che è difficile valutare fino a che punto siano un sistema migliore dei precedenti) potrebbero essere sostituite dalle lauree specialistiche. Così, in tanta incertezza, una delle poche sicurezze è che le cose non saranno facili per chi deciderà di fare della didattica la propria scelta di vita. Un'altra immediata conseguenza è lo scatenarsi di quella che è stata spesso definita una "guerra tra i poveri": ognuno cerca di tirare l'acqua al suo mulino; i "precari storici" puntando sulla valorizzazione del servizio prestato (non sempre indice di una reale capacità di insegnamento) e i nuovi abilitati SSIS sulla preparazione che hanno accumulato in due anni di corso, che però non tutti possono permettersi di fare, visto che sono a pagamento (e piuttosto caro) del singolo. In tutto questo, scarso valore viene dato a percorsi formativi all'interno dell'Università, quali Dottorato di Ricerca, Borse di Studio, Assegni di Ricerca; nella migliore delle ipotesi qualche punticino in graduatoria. Ma d'altra parte nessun riconoscimento viene dato a chi ha conseguito l'abilitazione ad insegnare a scuola, e magari ha svolto anni di servizio di insegnamento, nell'accesso ai ruoli universitari. La storica scissione tra Scuola e Università risulta tanto più priva di senso quando si considera che entrambi sono innanzitutto luoghi di diffusione di cultura. Non a caso, quando a Riccione il 18 Maggio scorso, nell'ambito del 4° SAYCS, l'Assemblea del Gruppo Giovani della Società Chimica Italiana ha discusso e approvato un documento dal titolo "Quale Università per il futuro e quale futuro per l'Università?", tra le proposte emerse c'è stata quella di valorizzare il percorso formativo universitario per l'accesso ai ruoli della scuola. Il Gruppo Giovani SCI si è infatti interrogato sul futuro dell'Università Italiana e sulla preoccupante prospettiva di incertezza, che potrebbe essere diminuita se esistessero percorsi trasversali, ad esempio tra Scuola e Università. D'altronde è un dato di fatto che assegnisti, dottorandi e borsisti svolgono moltissima attività didattica all'interno delle facoltà universitarie e potrebbero essere di notevole apporto anche nella didattica scolastica, come d'altra parte chi ha approfondito gli aspetti psico-pedagogici dell'insegnamento potrebbe essere attivamente coinvolto nei corsi universitari, soprattutto di base. In altri sistemi europei, ad esempio quello francese, tutto questo è ampiamente consolidato, come pure il fatto che la formazione dei futuri insegnanti sia a

spese dello Stato e con la garanzia di assunzione, qualora siano raggiunti gli obiettivi formativi. Insomma, non bisogna andare molto lontano per vedere che sono possibili riforme che, anziché aggravare la situazione di precariato e incertezza, prevedano una valorizzazione di chi si dedica con passione all'insegnamento e alla ricerca, con sicuro beneficio dell'intero sistema scolastico e universitario. Questo è lo spirito del documento, riportato qui di seguito in versione integrale, che ha avuto l'approvazione a larga maggioranza dell'Assemblea del Gruppo Giovani SCI (due soli astenuti e nessun voto contrario).

### Assemblea del Gruppo Giovani della Società Chimica Italiana

#### *Quale Università per il futuro e quale futuro per l'Università?*

L'Assemblea del Gruppo Giovani della Società Chimica Italiana, riunita in seduta ordinaria Martedì 18 maggio 2004, desidera esprimere la più viva preoccupazione per la crisi di governabilità, dovuta all'insufficienza di risorse, che il nostro sistema universitario sta attraversando e per le ipotesi legislative contenute nel Disegno di Legge sul Riordino dello Stato Giuridico e sul Reclutamento dei Professori Universitari, proposto dal Ministro dell'Istruzione Moratti. Essendo presente in questo gruppo circa 1400 giovani, la maggior parte dei quali direttamente impegnati a vario titolo (dottorati di ricerca, borse post-doc, assegni di ricerca, ricercatori) nel mondo universitario della ricerca scientifica, il Gruppo Giovani SCI ritiene di essere tra i soggetti a cui il ddl in questione si rivolge direttamente.

L'Assemblea condivide pienamente la necessità di una riorganizzazione del sistema universitario, ma premette che, rispetto a qualunque cambiamento, vada prioritariamente rivisto il sistema di finanziamento per le Università pubbliche, che deve avvalersi di pilastri fondamentali quali la programmazione, la verifica, la valutazione quantitativa e soprattutto qualitativa delle singole strutture. Appare indispensabile incrementare le risorse, espresse in percentuale rispetto al PIL (attualmente al 1.07 %, che è ampiamente al di sotto della media europea), al 3 % come auspicato dai governi europei nella recente riunione di Lisbona.

Ciò premesso, l'Assemblea ritiene che parte delle ipotesi legislative presentate nel ddl prospettino situazioni estremamente penalizzanti dal punto di vista lavorativo, per chi ha deciso di dedicarsi alla ricerca scientifica, prefigurando un lungo periodo di precariato sottopagato, con nessuna tutela sociale e con nessun potere decisionale sulle scelte riguardanti la ricerca scientifica stessa o la gestione dei vari organi universitari di appartenenza. Il ddl infatti prevede tra i suoi punti principali l'abolizione del ruolo dei ricercatori e la loro sostituzione con contratti a termine estendibili anche fino a 10 anni. L'aspetto più preoccupante è sicuramente la completa mancanza di tutela sociale (malattia, maternità,

reale prospettiva previdenziale), unita ad una inadeguata retribuzione e all'assenza di prospettive di impiego futuro. I contratti quinquennali, così come definiti dall'attuale disegno di legge, accrescerebbero infatti l'arbitrarietà delle decisioni altrui a cui i giovani studiosi sono sottoposti e le difficoltà di inserimento nel mondo del lavoro extrauniversitario allo scadere di tali contratti.

L'Assemblea ritiene quindi che questa sia la maniera peggiore per attrarre e valorizzare i giovani capaci che abbiano deciso di dedicare la loro carriera o parte di essa alla ricerca scientifica, promuovendo, anziché limitare, il fenomeno, ormai dilagante già da anni, di "fuga" all'estero soprattutto delle persone più meritevoli, con grave perdita per il nostro patrimonio culturale nazionale.

Inoltre, la prospettiva "precarizzazione" non è assolutamente giustificata dall'attuale panorama del sistema universitario carente di personale strutturato. Solo per dare qualche indicazione quantitativa, in Italia il numero di ricercatori per migliaia di lavoratori è il più basso d'Europa. Il rapporto docente/studente è attualmente di 1/32, cioè meno della metà del rapporto medio europeo che è di 1/15. A ciò si aggiunge che entro il 2010 circa 25000 professori (su circa 40000) andrà in pensione e il protrarsi del blocco delle assunzioni non sta permettendo il graduale inserimento di nuovi docenti.

Una riforma universitaria seria e non penalizzante per i giovani, unica via per la costituzione di un sistema universitario solido per il futuro, non può certo passare per le vie proposte finora dal ddl Moratti, ma dovrà piuttosto avvalersi di modelli già consolidati in altri paesi europei, quali ad esempio i contratti *tenure-track* (in avvio all'immissione in ruolo). Tale sistema, prevedendo valutazioni annuali in numero definito, permette infatti di accedere ai ruoli universitari in maniera meritocratica e programmatica; nello stesso tempo mantiene distinte l'attività di ricerca e quella didattica, che

dovrebbe rimanere di competenza dei Professori di ruolo, mentre troppo spesso oggi grava in maniera pesante sui Ricercatori nonché sui Professori a contratto.

Per questi motivi e nella consapevolezza dell'importanza del ruolo fondamentale che lo sviluppo della "ricerca libera", sia di base che applicata, riveste in ogni paese che voglia dirsi realmente avanzato, l'Assemblea del Gruppo Giovani della Società Chimica Italiana chiede che vengano incrementate le risorse finanziarie destinate al sistema universitario e una profonda modifica del ddl Moratti, con particolare attenzione ai seguenti punti:

- Aumento delle retribuzioni dei dottorati di ricerca, delle borse post-doc e degli assegni di ricerca almeno ai livelli minimi dei paesi europei più avanzati;
- Trasformazione delle borse post-doc e degli assegni di ricerca in contratti di lavoro a tempo determinato in avvio all'immissione in ruolo, in modo che i fruitori possano godere di tutte le tutele sociali e previdenziali previste dalla legge.
- Proposta di un serio ed equo riordino del Sistema Universitario, in cui Ricercatori e Professori, assunti in numero adeguato a ricoprire gli impegni didattici, possano svolgere il proprio lavoro, in maniera distinta e complementare, con tutte le garanzie salariali e previdenziali, ferma restando la necessità di verifica della qualità del lavoro svolto.
- Valutazione adeguata della formazione universitaria (dottorato di ricerca, scuole di specializzazione, assegni di ricerca, contratti a tempo determinato) ai fini dell'inserimento anche in altri comparti del Pubblico Impiego, in cui l'esperienza maturata possa costituire un significativo apporto, con particolare riguardo al mondo della scuola.
- Con particolare riferimento al titolo di Dottore di Ricerca, l'Assemblea richiede la validità giuridica di tale titolo, uniformandosi alle normative vigenti nei Paesi dell'Unione Europea.

# C n S

## LA CHIMICA NELLA SCUOLA

GIORNALE DI DIDATTICA DELLA SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

**ANNO XXVI, 2004**

### REDAZIONE

**PIERLUIGI RIANI**, *Direttore responsabile*

**PAOLO MIRONE**, *Past-Editor*

**PASQUALE FETTO**, *Redattore*

### COMITATO DI REDAZIONE

LIBERATO CARDELLINI, MARCO CIARDI, PASQUALE FETTO, PAOLO MIRONE,  
ERMANNICO NICCOLI, FABIO OLMI, PIERLUIGI RIANI,  
PAOLO EDGARDO TODESCO, FRANCESCA TURCO, GIOVANNI VILLANI

### COMITATO SCIENTIFICO

LUCA BENEDETTI, RINALDO CERVELLATI, ROSARINA CARPIGNANO (Presidente  
della Divisione di Didattica), LUIGI CERRUTI, GIACOMO COSTA,  
FRANCO FRABBONI, GIANNI MICHELON, EZIO ROLETTO

**C<sup>n</sup>S**

## LA CHIMICA NELLA SCUOLA

## ANNO XXVI, 2004

Gennaio - Febbraio	1 - 32
Marzo - Aprile	33 - 64
Maggio - Giugno	65 - 100
Settembre - Ottobre	101 - 148
Novembre - Dicembre	149 - 192

*L'indice annuale di CnS-La Chimica nella Scuola si divide in due parti: Indice per Autori, Indice per Sezioni e Rubriche. Nell'indice per Autori è riportato sotto il nome dell'Autore/i il titolo del contributo, il fascicolo, la pagina. Per i contributi con più autori, l'indice prevede rinvii all'Autore principale. L'indice per sezioni e rubriche riporta il titolo del contributo, il fascicolo, la pagina e l'Autore/i*

## INDICE PER AUTORI

**A**

**A.A.V.V.** : Insegnare e apprendere le teorie dell'evoluzione. **4**, 143

**Aquilini Eleonora**: La scienza come magia: riflessioni su addestramento, formazione e informazione. **1**, 8

**Aquilini Eleonora, Basosi Daniela**: Contro il cosiddetto "Metodo Scientifico": riflessioni intorno a metodologie didattiche empiristiche superate. **2**, 51

**Aquilini Eleonora**: Raccontare le esperienze di laboratorio: una riflessione sulla metodologia delle cinque fasi. **4**, 135

**Araldo Pietro**: La teoria milliana del ragionamento spiegata ai giovani chimici. **1**, 12

**Araldo Pietro**: Non solo atomi. **5**, 152

**B**

**Basosi Daniela**, - vedi **Aquilini Eleonora**

**Bentivenga Giovanni, D'Auria Maurizio, De Bona Adriano**: Albert Einstein: scienziato, filosofo e uomo di pace. **1**, 15

**Bentivenga Giovanni, D'Auria Maurizio, De Bona Adriano, Mauriello M**: La caratterizzazione del miele del territorio di Corleto Perticara e territori limitrofi. - Monitoraggio ambientale. **5**, 181

**Biondi Pir Antonio**: Preparare il reattivo di Fehling: uno stimolo all'osservazione. **2**, 55

**Borsese Aldo**: La definizione nel processo di insegnamento-apprendimento: sintesi concettuale o insieme di parole da ricordare a memoria? **5**, 157

**Brown T.M., Dronsfield A.T., Morris P.J.T.** : Una reazione che cambiò la chimica organica. **3**, 78

**C**

**Cardellini Liberato**: 10th EARLI. **1**, 26; resoconto

**Cardellini Liberato**: Lo stato di salute dell'insegnamento come risulta dallo studio Pisa 2000. **2**, 45

**Cardellini Liberato**: L'insegnamento delle scienze in Europa: uno sguardo d'insieme. **4**, 124

**Carpignano Rosarina**: Indirizzo di salute. **2**, 4

**Carpignano Rosarina**: La Divisione Didattica: problemi sul tappeto. **3**, 65

**Casarini Antonella**: L'insana abitudine di parlare di orbitali. **1**, 19

**Casarini Antonella**: Non solo puzza, ovvero come rilevare qualcosa che non si vede. **3**, 90

**Casavecchia Giovanni**: Un'esperienza di attività d'orientamento. **4**, 139

**Cerruti Luigi**: La chimica e le ricerche sulla complessità I. Sistemi complessi e unità autopoietiche. **2**, 37

**Cerruti Luigi**: La chimica e le ricerche sulla complessità II. La complessità originaria della chimica. **3**, 71

**Cerruti Luigi**: La chimica e le ricerche sulla complessità - III parte La termodinamica, Gaia e l'etica dell'ambiente. **4**, 112

**Cervellati Rinaldo**: Frutti e succhi di frutta: naturalmente sani, giovani...e belli! **4**, 144 recensione

**Costa Giacomo**: Quale posto per la scienza e la chimica nella futura scuola? **4**, 101

**D**

**D'Auria Maurizio**, - vedi **Bentivenga Giovanni**

**De Bona Adriano**, - vedi **Bentivenga Giovanni**

**Dronsfield A.T.**, - vedi **Brown T.M.**



**F**

**Franceschin Marco:** La Chimica a Scuola e nell'Università: un futuro possibile? **5**, 191

**G**

**Gengaro Annamaria:** ...E così...nacque la vita!! **3**, 94

**L**

**Lentini Giovanni:** I buoni e i cattivi. **2**, 63

**M**

**Massidda Maria Vittoria**, - vedi **Riani Pierluigi**

**Mauriello M.**, - vedi **Bentivenga Giovanni**

**Menicagli Rita:** L'analisi retrosintetica: un approccio razionale alla sintesi organica - I parte. **3**, 83

**Menicagli Rita:** L'analisi retrosintetica: un approccio razionale alla sintesi organica - II parte. **4**, 105

**Mercato Livia**, - vedi **Soldà Roberto**

**Momicchioli Fabio, Mirone Paolo:** L'acqua: Proprietà e struttura - I parte. **4**, 119

**Morris P.J.T.**, - vedi **Brown T.M.**

**N**

**Niccoli Ermanno:** L'imitazione. **1**, 17

**Niccoli Ermanno:** Desideri di un lettore. **1**, 19

**Niccoli Ermanno:** La Didattica della Chimica. **2**, 60

**Niccoli Ermanno:** Imitare non è copiare. **2**, 62

**Niccoli Ermanno:** Il libro di testo. **3**, 93

**Niccoli Ermanno:** Una proposta didattica volutamente incompleta sugli acidi e sulle basi - I parte - Qualche riflessione sulla programmazione. **4**, 128

**Niccoli Ermanno:** La riforma virtuale. **4**, 142

**Niccoli Ermanno:** Una proposta didattica volutamente incompleta sugli acidi e sulle basi. - II parte - Organizzazione dei contenuti. **5**, 172

**Niccoli Ermanno:** La recitazione. **5**, 188

**O**

**Olmi Fabio:** XXVI, **1**, 24; resoconto

**Olmi Fabio:** Gli Insegnanti di fronte alle "Indicazioni Nazionali...": cosa fare? **5**, 149

**R**

**Regis Alberto, Roletto Ezio:** Primo incontro con la tavola periodica: un approccio storico epistemologico all'insegnamento della chimica. **5**, 161

**Riani Pierluigi:** Guardiamo al passato, al presente e, se ci riesce, anche al futuro. **1**, 1

**Riani Pierluigi, Massidda Maria Vittoria:** Insegnamento preuniversitario della chimica: Solo formazione o anche informazione e addestramento? Colleghiamo il problema con il livello scolastico. II parte. **1**, 4

**Riani Pierluigi:** Miglioriamo la nostra rivista. **2**, 33

**Riani Pierluigi:** Speriamo bene! **5**, 189

**Roletto Ezio**, - vedi **Regis Alberto**

**S**

**Soldà Roberto, Mercato Livia:** Un approfondimento sull'attività. **2**, 57

**T**

**Taddia Marco:** "Raffaele Piria", di Alfredo Focà e Francesco Cardone. **1**, 22 recensione

**Taddia Marco:** Exploring Chemical Analysis. **3**, 92 recensione

**Turco Francesca:** Chem@Web. **1**, 21

**Turco Francesca:** L'insegnamento efficace. **2**, 64

**Turco Francesca:** Scienza divertente. **4**, 145

**Turco Francesca:** Il Gruppo giovani della SCI: creiamo dei legami. **4**, 146

## INDICE PER SEZIONI

### EDITORIALI

Guardiamo al passato, al presente e, se ci riesce, anche al futuro. **1**, 1 di **Pierluigi Riani**

Miglioriamo la nostra rivista. **2**, 33 di **Pierluigi Riani**

Indirizzo di saluto. **2**, 4 di **Rosarina Carpignano**

La Divisione Didattica: problemi sul tappeto. **3**, 65 di **Rosarina Carpignano**

Quale posto per la scienza e la chimica nella futura scuola? **4**, 101 di **Giacomo Costa**

Gli Insegnanti di fronte alle "Indicazioni Nazionali...": cosa fare? **5**, 149 di **Fabio Olmi**

### DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Insegnamento preuniversitario della chimica: Solo formazione o anche informazione e addestramento?

Colleghiamo il problema con il livello scolastico. II parte. **1**, 4 di **Pierluigi Riani, Maria Vittoria Massidda**

La scienza come magia: riflessioni su addestramento, formazione e informazione. **1**, 8 di **Eleonora Aquilini**

La teoria milliana del ragionamento spiegata ai giovani chimici. **1**, 12 di **Piero Araldo**

Albert Einstein: scienziato, filosofo e uomo di pace. **1**, 15 di **Giovanni Bentivenga, Maurizio D'Auria, Adriano De Bona**

La chimica e le ricerche sulla complessità I. Sistemi complessi e unità autopoietiche. **2**, 37 di **Luigi Cerruti**

La chimica e le ricerche sulla complessità II. La complessità originaria della chimica. **3**, 71 di **Luigi Cerruti**

Una reazione che cambiò la chimica organica. **3**, 78 di **T.M. Brown, A.T. Dronsfield, P.J.T. Morris**

L'analisi retrosintetica: un approccio razionale alla sintesi organica - I parte. **3**, 83 di **Rita Menicagli**

L'analisi retrosintetica: un approccio razionale alla sintesi organica - II parte. **4**, 105 di **Rita Menicagli**

La chimica e le ricerche sulla complessità - III parte La termodinamica, Gaia e l'etica dell'ambiente. **4**, 112 di **Luigi Cerruti**

L'acqua: Proprietà e struttura - I parte. **4**, 119 di **Fabio Momicchioli, Paolo Mirone**

L'insegnamento delle scienze in Europa: uno sguardo d'insieme. **4**, 124 di **Liberato Cardellini**

Non solo atomi, **5**, 152 di **Pietro Araldo**

## ESPERIENZE E RICERCHE

Lo stato di salute dell'insegnamento come risulta dallo studio Pisa 2000. **2**, 45 di **Liberato Cardellini**

Contro il cosiddetto "Metodo Scientifico": riflessioni intorno a metodologie didattiche empiristiche superate. **2**, 51 di **Eleonora Aquilini, Daniela Basosi**

Una proposta didattica volutamente incompleta sugli acidi e sulle basi - I parte - Qualche riflessione sulla programmazione. **4**, 128 di **Ermanno Niccoli**

Raccontare le esperienze di laboratorio: una riflessione sulla metodologia delle cinque fasi. **4**, 135 di **Eleonora Aquilini**

Un'esperienza di attività d'orientamento. **4**, 139 di **Giovanni Casavecchia**

La definizione nel processo di insegnamento-apprendimento: sintesi concettuale o insieme di parole da ricordare a memoria? **5**, 157 di **Aldo Borsese**

Primo incontro con la tavola periodica: un approccio storico epistemologico all'insegnamento della chimica. **5**, 161 di **Alberto Regis, Ezio Roletto**

Una proposta didattica volutamente incompleta sugli acidi e sulle basi. - II parte - Organizzazione dei contenuti. **5**, 172 di **Ermanno Niccoli**

## LABORATORIO E DINTORNI

Preparare il reattivo di Fehling: uno stimolo all'osservazione. **2**, 55 di **Pier Antonio Biondi**

Un approfondimento sull'attività. **2**, 57 di **Roberto Soldà, Livia Mercato**

Non solo puzza, ovvero come rilevare qualcosa che non si vede. **3**, 90 di **Antonella Casarini**

La caratterizzazione del miele del territorio di Corleto Perticara e territori limitrofi. - Monitoraggio ambientale. **5**, 181 di **G. Bentivenga, M. D'Auria, A. De Bona, G. Mauriello**

## RUBRICHE

### LETTERE AL LETTORE

L'imitazione. **1**, 17 di **Ermanno Niccoli**

La Didattica della Chimica. **2**, 60 di **Ermanno Niccoli**

Il libro di testo. **3**, 93 di **Ermanno Niccoli**

La riforma virtuale. **4**, 142 di **Ermanno Niccoli**

La recitazione. **5**, 188 di **Ermanno Niccoli**

### LETTERE A CnS

L'insana abitudine di parlare di orbitali. **1**, 19 di **Antonella Casarini**

Desideri di un lettore. XXVI, **1**, 19 di **Ermanno Niccoli**  
Imitare non è copiare. **2**, 62 di **Ermanno Niccoli**

I buoni e i cattivi. **2**, 63 di **Giovanni Lentini**

...E così...nacque la vita!! XXVI, **3**, 94 di **Annamaria Gengaro**

Insegnare e apprendere le teorie dell'evoluzione. **4**, 143 di **Autori Vari**

Speriamo bene! **5**, 189 di **Pierluigi Riani**

### ACHILLE E LA TARTARUGA

Chem@Web. **1**, 21 di **Francesca Turco**

L'insegnamento efficace. **2**, 64 di **Francesca Turco**

Scienza divertente. **4**, 145 di **Francesca Turco**

### RECENSIONI

"Raffaefe Piria", di Alfredo Focà e Francesco Cardone **1**, 22 recensito da **Marco Taddia**

Exploring Chemical Analysis. **3**, 92 recensito da **Marco Taddia**

Frutti e succhi di frutta: naturalmente sani, giovani...e belli! **4**, 144 recensito da **Rinaldo Cervellati**

### DALLA DIVISIONE

Il Presidente e il Nuovo Direttivo. **1**, 22

La Rappresentante della Divisione nel "Gruppo Giovani". **1**, 22

### DAL FORUM DELLE ASSOCIAZIONI

**1**, 24. Resoconto di **Fabio Olmi**

### CONVEGNI E CONGRESSI

10th EARLI. **1**, 26 resoconto di **Liberato Cardellini**

### GIOCHI DELLA CHIMICA

Il calendario 2004. **1**, 31

Il calendario delle prove 2005. **5**, 190

### NOTIZIE

Il Gruppo giovani della SCI: creiamo dei legami. **4**, 146 di **Francesca Turco**

La Chimica a Scuola e nell'Università: un futuro possibile? **5**, 191 di **Marco Franceschin**

### ISTRUZIONI PER GLI AUTORI

**1**, 32