

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

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

# CNS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



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

**GLI ELETTI  
NEL DIRETTIVO  
2001 - 2003**

**QUADRO GENERALE  
DEL CURRICOLO  
DI CHIMICA**

**CONTRASTARE IN CLASSE  
LE CONCEZIONI DIFFORMI**



Società Chimica Italiana

Anno XXIII  
Gennaio - Febbraio 2001

**Direttore responsabile**

Paolo Mirone  
Dipartimento di Chimica  
Via Campi, 183 - 41100 Modena  
E-Mail: Mirone@unimo.it

**Redattore**

Pasquale Fetto  
Dipartimento di Chimica "G.Ciamician"  
Via Selmi, 2 - 40126 Bologna  
Tel. 0512099521 - fax 0512099456  
E-Mail: fpcns@ciam.unibo.it

**Comitato di redazione**

Loris Borghi, Liberato Cardellini, Pasquale Fetto, Ermanno Niccoli, Raffaele Pentimalli, Pierluigi Riani, Paolo Edgardo Todesco

**Comitato Scientifico**

Alberto Bargellini, Luca Benedetti, Aldo Borsese, Carlo Busetto, Rinaldo Cervellati, Luigi Cerruti (*Presidente della Divisione di Didattica*), Franco Frabboni, Manlio Guardo, Gianni Michelin, Ezio Roletto, Eugenio Torracca

**Editing**

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

**Periodicità:** bimestrale (5 fascicoli all'anno)

**Abbonamenti annuali**

Italia L.90.000 ec 50 - Estero L. 110.000 • 62  
Fascicoli separati Italia L. 20.000 • 12  
Fascicoli separati Estero L. 25.000 • 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

Le morme per la progettazione dei curricoli ovvero...  
del "principio di indeterminatezza" **1**  
di *Fabio Olmi*

### DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Contrastare in classe le concezioni difformi  
Un'iniziativa della Royal Society of Chemistry **3**  
di *Paolo Mirone*

Celle a combustibile: energia per il futuro **5**  
di *Henrik Colell, Brian Cook*

### ESPERIENZE E RICERCHE

Attività di modellizzazione nell'ambito della chimica di base. **10**  
Alcune riflessioni su un'esperienza di innovazione didattica  
di *Paola Bosco, Ezio Roletto*

### HIGHLIGHTS

Una intervista con Richard M. Felder **17**  
di *Liberato Cardellini*

### COMUNICAZIONI BREVI

pH, costante di dissociazione e prodotto ionico dell'acqua. **24**  
Che ne sappiamo?  
di *Pietro Lanza*

### LABORATORIO E DINTORNI

Cinetica della solvolisi di alogenuri alchilici  
seguita come 'Clock reaction' **26**  
di *Roberto Soldà, Rinaldo Cervellati*

### RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA **31**  
Metafora del puzzle e del vascello fantasma

ASSOCIAZIONI DISCIPLINARI **33**  
L'area scientifica: evoluzione della ricerca didattica in ambito  
scientifico e quadro generale del curriculum di Scienze

CHIMICA E POESIE **36**

DALLA DIVISIONE **9**  
Risultati delle Elezioni per il Direttivo (triennio 2001-2003)

LIBRI **16**

CONVEGNI **III cop**



In copertina disegno di **Pier Paolo D'Agostino** III A.sp.  
Liceo Artistico P.L.Nervi - Ravenna

## Le norme per la progettazione dei curricula ovvero... del “principio di indeterminatezza”

Siamo giunti ormai al rush finale della riforma della scuola dei nuovi cicli e dell'autonomia e questo potrebbe senz'altro essere motivo di soddisfazione: mai gli sforzi più volte tentati nello scorso secolo avevano portato ad un risultato di questo genere. L'ultimo passo, tuttavia, se ha ormai la certezza dell'attuazione che la legge 30/2000 gli attribuisce (col decreto applicativo approvato in Senato il 22/12/00), quello della messa a punto dei curricula dei vari ambiti disciplinari per i vari cicli, rischia di costituire il “nociolo molle” di tutta la riforma. Cerchiamo di capire.

Il lavoro fatto dalle varie associazioni disciplinari per la messa a punto dei nuovi curricula è stato un lungo processo di ricerca e riflessione portato avanti da gruppi anche molto ampi di soci qualificati all'interno di ciascuna di esse. Com'è noto la DD/SCI ha pubblicato le proprie proposte per l'intero curriculum verticale sul n°2/2000 di questa rivista. Nella primavera del 2000, dalle indicazioni del Gruppo di lavoro sull'autonomia del MPI e dal dibattito sviluppatosi in seno al Forum delle associazioni disciplinari di cui la DD/SCI fa parte, si sono venute delineando indicazioni per un “formato” da dare al curriculum proposto dal centro diverso da quello fino ad allora ipotizzato. Una nostra commissione ristretta, della quale il Vicepresidente prof. Niccoli, d'accordo con il Direttivo, aveva affidato al sottoscritto il coordinamento, ha messo a punto una nuova proposta di curriculum che, in forma sintetica, è stata recentemente pubblicata sul n.2 dei Dossier degli Annali della P.I. (Il laboratorio della riforma: verso i nuovi curricula).

A questa fase ne è seguita da Settembre 2000 ancora un'altra finalizzata alla ricerca di intese tra le associazioni disciplinari nazionali dell'area scientifica (AIF, DD/SCI e ANISN): in primo luogo per la stesura di una proposta-quadro comune per l'intero curriculum verticale scientifico-sperimentale della scuola di base e secondaria, in secondo luogo per la elaborazione di proposte curriculari sensate e

sostenibili da avanzare insieme al livello di scuola di base, di biennio di fine obbligo e di trienni dei vari indirizzi. La proposta-quadro comune “Quadro generale di un curriculum verticale di scienze” è stata inviata alla Commissione De Mauro il 6/1/01.

Contemporaneamente la commissione “triangolare” dell'area scientifica ha lavorato e sta lavorando alla messa a punto di proposte curriculari comuni per la scuola di base, il segmento che avvierà la riforma il prossimo settembre con le prime due classi.

Intanto il Ministero della PI, con decreto del 24/11/2000, prorogava il funzionamento della Commissione riordino Cicli “...al fine di esplorare, in attesa delle determinazioni del Parlamento, i possibili percorsi innovativi da progettare...”. La Commissione è stata riunita per la prima volta in plenaria il 18/12/2000 ed è stata articolata in vari gruppi di lavoro tra cui quello relativo all'area scientifica. ..e hanno inizio da qui le “vaghezze” del compito.

Prima vaghezza: si chiedeva ai presenti (lievitati nel frattempo di circa 30 unità rispetto a quelli della prima commissione De Mauro) di iscriversi in gruppi di lavoro senza precisare il compito, gli obiettivi che ci si proponeva di raggiungere. Una cosa era ben chiara: la estrema ristrettezza dei tempi in cui le commissioni dovevano lavorare per consegnare il prodotto. Ma che cosa si chiedeva come prodotto? Mistero!! Intanto la commissione si sarebbe riunita nuovamente il 9/1/01. Il periodo di tempo delle festività natalizie ha visto un fiorire di ipotesi circa lo sviluppo dei lavori futuri della Commissione ed è stato abbastanza inconcludente.

Seconda vaghezza: arrivati alla riunione del 9/1 ci si aspettava di trovare un'articolazione dettagliata dei compiti assegnati alle commissioni per orientare rapidamente e in modo convergente i loro lavori. Di nuovo, niente di tutto questo e quindi nuova navigazione a vista! ..ma il 25 Gennaio 2001 andranno consegnati i prodotti del lavoro. Quale struttura dare ai curricula? Quale spazio orario viene assegnato ai diversi ambiti disciplinari? ... non è dato sapere!

Come è possibile procedere nei lavori in queste condizioni?

Il collega Terreni nel suo editoriale sulla rivista "Naturalmente" (4, dicembre 2000) paragonava il riordino dei cicli al tentativo di mettere ordine in una soffitta e sosteneva "All'inizio sembra semplice: questo lo sposto, quell'altro lo metto al posto del primo, il terzo lo butto, il quarto mi casca e si rompe.. Mentre si cerca di mettere ordine si passa ad uno stato di disordine sempre più elevato e scoraggiante: occorre avere la mente lucida e l'animo determinato per non lasciarci prendere dallo sconforto e fermarsi a metà lavoro in una situazione peggiore di quella di partenza.."

La scuola è qualcosa di molto più complesso di una soffitta e, nel momento in cui si mette mano ad una discussione così delicata come quella della formulazione dei nuovi curricula, mal sopporta di non essere sostenuta da "menti lucide e animi determinati" e anche la sua struttura, che sta cambiando in profondità (hanno cessato la loro esistenza le vecchie Direzioni Generali, si sono creati i due ambiti in cui opererà il Ministero, sono stati nominati i "gover-

natori regionali" della scuola, ecc. ) scricchiola paurosamente per effetto di questi cambiamenti radicali e non può essere sostituita da nuove strutture immediatamente funzionanti, capaci di sostenere e guidare il nuovo che sta nascendo.

Allora? Sembra che il cambiamento sia governato da una sorta di "principio ....di indeterminazione" che a differenza del più famoso principio di indeterminazione del nostro Heisenberg, non riesce a delimitare assolutamente l'intervallo entro cui possono cadere i nostri errori...

Una proposta sottovoce: visto che i recenti nuovi programmi della scuola elementare e i programmi della scuola media, pur essendo sovradimensionati, proprio "brutti" non sono, non sarebbe forse il caso di prendere da questi ispirazione, rivedendone l'impianto per conferire loro il carattere di proposte curriculari da rivedere con calma e con adeguata riflessione dopo i primi tre anni di applicazione della legge ( come da questa previsto)? Forse così si potrebbero evitare errori anche grossi di una affrettata messa a punto dei nuovi curricula.

*Come in tutte le favole.....  
c'era una volta  
?*



## CONTRASTARE IN CLASSE LE CONCEZIONI DIFFORMI

Un'iniziativa della Royal Society of Chemistry

Già da diversi anni ci si è resi conto che i risultati della ricerca in didattica delle scienze, e in particolare della chimica, stentano a trovare applicazione nella pratica dell'insegnamento. Paradossalmente questa difficoltà è, almeno in parte, una conseguenza dell'affermazione della didattica delle scienze come disciplina accademica autonoma, con le sue riviste internazionali, i suoi congressi e le sue regole non scritte, ma non per questo meno vincolanti come ben sanno tutti coloro che vivono nell'università. Avviene quindi che i ricercatori in didattica, per comprensibili considerazioni di carriera, tendono a pubblicare i risultati dei loro studi sulle più affermate riviste internazionali, le quali però si trovano solo in alcune biblioteche universitarie e vengono lette quasi esclusivamente da altri ricercatori, essendo difficilmente accessibili alla massima parte degli insegnanti delle scuole secondarie. Un'ulteriore difficoltà è rappresentata dal fatto che spesso gli autori di queste pubblicazioni non si preoccupano di "tradurre" i risultati delle loro ricerche in indicazioni che possano aiutare concretamente gli insegnanti a modificare il proprio insegnamento.

Questo stato di cose è stato criticato in varie occasioni da autorevoli esperti in didattica delle scienze: per quanto riguarda la chimica mi limito a ricordare Richard Kempa, che affrontò l'argomento nelle due relazioni tenute ai convegni ECRICE di Montpellier (1992) e di Pisa (1993), e Alex Johnstone.

Per queste ragioni ritengo utile segnalare ai lettori di CnS che la *Royal Society of Chemistry* di Londra finanzia ogni anno un *Teacher Fellowship*,

---

PAOLO MIRONE<sup>(\*)</sup>

---

cioè una borsa di studio, il cui assegnatario è tenuto a produrre materiali didattici utilizzabili dalle scuole. Al termine dell'anno la RSC distribuisce gratuitamente copia dei materiali a tutte le scuole del Regno Unito. Per l'anno 2000/2001 la borsa è stata assegnata al Dr. Keith Taber dell'Università di Cambridge, un giovane ma già affermato ricercatore a cui si devono diverse significative pubblicazioni su alcuni problemi attuali della ricerca in didattica della chimica.

Il progetto a cui sta lavorando il Dr. Taber si intitola "*Challenging misconceptions in the classroom*", che può essere tradotto come "Contrastare in classe le concezioni difformi". Esso ha lo scopo di preparare materiali atti ad aiutare gli insegnanti a identificare e correggere le idee errate degli allievi su concetti fondamentali della chimica. Alla base del progetto, che si ispira dichiaratamente ai principi del costruttivismo, sta la constatazione che esiste una grande massa di informazioni sulle concezioni alternative degli studenti, ma che gli insegnanti dispongono di scarsi mezzi per fronteggiare efficacemente tali concezioni. E' ovvio che per combattere con successo le concezioni difformi è necessario conoscerle, ma quasi sempre questa condizione non è sufficiente. Infatti la ricerca ha mostrato che molte concezioni sono estremamente stabili e resistono anche ai più espliciti tentativi di correggerle. E' necessario scoprire come e perché certe concezioni sono nate nelle menti degli studenti, trovare il modo di costruire sulle idee che i ragazzi portano a lezione ed evitare che ciò che si insegna venga male interpretato e faccia nascere nuove

concezioni difformi.

Il Dr. Taber è disposto a inviare copia dei materiali che sta preparando (naturalmente in inglese) a tutti coloro che sono interessati a sperimentarli, o anche semplicemente ad esaminarli per inviargli poi i loro commenti e osservazioni. Il suo attuale indirizzo è:

**Dr. K. S. Taber - RSC Teacher Fellow  
Science & Technology Group  
University of London Institute of Education  
20 Bedford Way  
London WC1H 0AL Regno Unito**

In questo e nei prossimi numeri di CnS presenterò in versione italiana i riassunti dei materiali già preparati, cominciando da quelli rivolti ai livelli scolastici corrispondenti alla nostra scuola media inferiore (11-14 anni) e al primo biennio della superiore (14-16 anni).

### **Elementi, composti e miscele (Elements, compounds and mixtures)**

Questo test mira a verificare se gli allievi sono capaci di distinguere fra elementi, composti e miscele in base a semplici diagrammi che rappresentano le particelle presenti. Questo argomento dovrebbe essere svolto normalmente nella scuola media inferiore, ma la ricerca suggerisce che spesso gli allievi della secondaria superiore non si rendono conto delle distinzioni fra i tre concetti. Sono disponibili due versioni:

**Identificazione:** gli allievi devono semplicemente indicare, per ciascuno di 6 diagrammi, se vi è rappresentato un elemento, un composto o una miscela;

**Identificazione e giustificazione:** gli allievi devono fare la stessa classificazione e inoltre spiegare il significato dei tre termini e giustificare le proprie scelte.

E' disponibile anche una serie di eser-

---

(\*) Università di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Chimica, via Campi, 183 - 41100 Modena  
e-mail: [mirone@unimo.it](mailto:mirone@unimo.it)

cizi sulle idee necessarie per riuscire a superare il test, e inoltre un post-test con lo stesso schema del test di identificazione ma con esempi differenti.

### **Massa e dissoluzione (Mass & dissolving)**

La conservazione della massa nelle trasformazioni chimiche e fisiche è un'idea centrale della chimica, ma certi ragazzi hanno difficoltà a capirla. Anche la dissoluzione è un concetto difficile per parecchi degli scolari più giovani, che non riescono a distinguerla dalla fusione o addirittura la descrivono in termini di "scomparsa". Questo esercizio pone delle domande su alcuni esempi di dissoluzione e cerca di incoraggiare gli allievi a pensare a ciò che succede alle particelle di un solido che si scioglie e al perché una soluzione ha proprietà (p. es. il colore) differenti da quelle del solvente. Dovrebbe essere utile in molte classi della media inferiore, e probabilmente anche a diversi ragazzi del biennio delle superiori ancora alle prese con i concetti di base.

### **Trasformazioni fisiche e chimiche (Physical and chemical changes)**

Anche se la distinzione fra trasformazioni fisiche e chimiche non è sempre netta e in certi casi non è neppure utile, essa è spesso insegnata nella scuola media inferiore e viene assunta come nota nella superiore.

In questo esercizio gli allievi devono scrivere una breve spiegazione di ciò che pensano sul significato dei termini *trasformazione fisica* e *trasformazione chimica*. Inoltre devono classificare tre trasformazioni come fisiche o chimiche in base a disegni che rappresentano le particelle *prima* e *dopo* e giustificare le loro scelte.

### **La verità sul legame ionico (The truth about ionic bonding)**

Questo strumento diagnostico presenta 30 enunciati (alcuni dei quali basati su comuni concezioni difformi circa il legame ionico) che gli allievi devono indicare come veri o falsi. E' adatto per allievi del biennio superiore che abbiano studiato il legame chimico e anche per quelli del triennio. E' disponibile un foglio che permette ai ragazzi di vedere le risposte giuste

dopo aver completato l'esercizio.

### **Prevedere la temperatura di fusione del carbonio (Predicting the melting temperature of carbon)**

Questo esercizio è mirato alla concezione difforme secondo la quale il carbonio, 'C', è monoatomico. Si assume la conoscenza delle masse molecolari e la capacità di calcolarle (gli esempi sono semplici). L'esercizio è inteso ad illustrare l'importanza della natura macromolecolare del carbonio. Inoltre esso mette in risalto l'importanza di individuare un andamento in una serie di dati e di usare tale andamento per fare delle previsioni. E' adatto ad allievi del biennio ed eventualmente a studenti del triennio che hanno bisogno di sviluppare abilità procedurali di base come scoprire andamenti, fare previsioni, confrontarle con dati sperimentali, trarre conclusioni.

### **Definizioni chimiche (Chemical definitions)**

Dagli studenti ci si attende che essi siano capaci di dare le definizioni di concetti chimici fondamentali. Tali definizioni sono spesso riportate nei libri di testo per aiutare gli allievi ad apprendere il significato dei termini della chimica. Tuttavia non sempre è chiaro se certe definizioni siano utili in uno stadio iniziale dell'apprendimento. Chiedere ai ragazzi di dare delle definizioni può aiutare gli insegnanti a valutare il loro grado di comprensione, anche se una definizione incompleta può riflettere una capacità di espressione limitata piuttosto che una mancanza di conoscenza. In questo test gli studenti devono leggere alcune possibili definizioni di termini chimici centrali (p. es. elemento) e valutare ciascuna in base a ciò che pensano della sua correttezza e della sua utilità per chi deve imparare la chimica.

L'esercizio, che richiede anche di motivare le risposte, è adatto a studenti con buona capacità di lettura che ci si attende conoscano le definizioni di elemento, composto, atomo, molecola.

### **La natura del ferro (The nature of iron)**

Questo esercizio è simile a quello sul

legame ionico, a parte un minor numero di enunciati da giudicare veri o falsi. E' adatto ad allievi del biennio che abbiano studiato la struttura dei solidi, e presenta 20 enunciati sui metalli, sulla loro struttura e sulle relazioni fra struttura e proprietà. Alcuni degli enunciati sono scientificamente corretti, altri sono errati ma riflettono idee espresse da studenti. Il test mira in particolare a contrastare l'idea che le proprietà macroscopiche riflettano direttamente le proprietà degli atomi di ferro piuttosto che quelle della struttura reticolare di cationi ed elettroni.

E' disponibile un foglio che permette agli allievi di vedere le risposte giuste dopo aver completato l'esercizio.

### **Precipitazione del cloruro d'argento (Silver chloride precipitate)**

Questo esercizio propone dei quesiti intorno alla nota reazione di precipitazione su cui si basa il saggio al nitrato d'argento per gli alogenuri. Gli allievi devono interpretare una serie di diagrammi che mostrano le particelle di quattro sostanze implicate nella reazione ( $\text{AgNO}_3(\text{s})$ ,  $\text{NaCl}(\text{s})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  e  $\text{AgCl}(\text{s})$ ) e rispondere a quesiti circa le particelle presenti nella dissoluzione e nella reazione (per la quale viene data un'equazione "in parole") e circa la natura dei legami nel precipitato.

*Dovrebbe* trattarsi di un esercizio privo di difficoltà per allievi che conoscono questa reazione, e quindi non dovrebbe presentare problemi verso la fine del biennio. In pratica le difficoltà di concettualizzazione del processo di dissoluzione e le concezioni alternative sulla formazione del legame ionico lo rendono impegnativo per molti ragazzi. Secondo l'esperienza del Dr. Taber, anche studenti del livello A avrebbero difficoltà con questo test, e probabilmente lo stesso vale per qualche studente universitario.

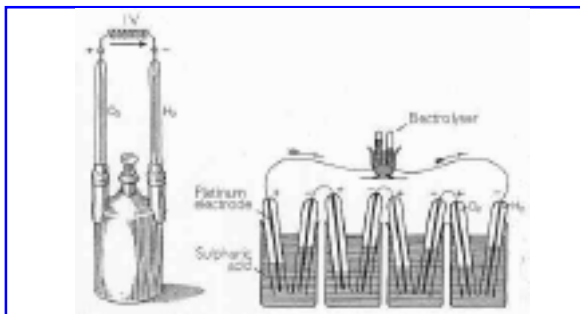
E' disponibile un esercizio supplementare relativo allo stesso esempio per gli allievi che hanno mostrato di avere delle difficoltà, e inoltre un post-test riguardante la precipitazione dello ioduro di piombo per verificare se vi è stato apprendimento.



## Celle a combustibile: energia per il futuro\*

La domanda di energia continua a crescere (in tutto il mondo). L'impiego di energia elettrica sta crescendo al ritmo di circa il 2,2 per cento annuo nel Regno Unito, del 2,5 per cento circa in Canada {1} e di quasi il 6 per cento nei Paesi in via di sviluppo {2}. A questi ritmi, la domanda di energia elettrica nei Paesi in via di sviluppo aumenterà di circa il 400 per cento entro il 2025. Per venire incontro a questi bisogni in modo responsabile e sicuro, le celle a combustibile sembrano poter giocare un ruolo importante.

Nel 1839 lo scienziato britannico Sir William Robert Grove scoprì il principio sul quale si basa il funzionamento delle celle a combustibile. Grove osservò che dopo avere interrotto il flusso di corrente che aveva usato per l'elettrolisi dell'acqua, si osservava un flusso di corrente in senso contrario. La corrente era prodotta da una reazione tra i prodotti dell'elettrolisi, idrogeno e ossigeno, che erano rimasti adsorbiti sugli elettrodi di Pt. La prima cella a combustibile funzionante - la batteria a gas - era costituita da due elettrodi di Pt immersi in  $H_2SO_4$  diluito. Un elettrodo era alimentato da idrogeno, il secondo da ossigeno. Quando i due elettrodi erano collegati da un filo, nel circuito fluiva una corrente. Grove produsse un potenziale elettrico di circa 1 V con la sua "catena a gas" (Fig. 1); anche altre coppie di gas, es.  $H_2$  e  $Cl_2$ , erano in grado di produrre corrente.



**Figura 1.** Cella a combustibile (1839) e "catena di gas" (1842) di Grove

HENRIK COLELL\*\*

BRIAN COOK\*\*

### Elettricità a buon mercato ?

Mentre Grove si rendeva conto di avere ideato un sistema efficiente, non considerò gli aspetti pratici dell'apparecchiatura in parte perché l'intensità della corrente prodotta era limitata dalla piccola area superficiale degli elettrodi. Tuttavia egli sapeva che, se si fossero potuti usare materiali comuni per alimentare le celle in sostituzione di acido e metalli, la batteria sarebbe stata una fonte di energia più economica.

Negli anni cinquanta ricercatori di Cambridge misero a punto la prima cella a combustibile di uso pratico, usando idrogeno e un elettrolita alcalino. Questo sistema aveva sostituito gli elettrodi di Pt con elettrodi di Ni più economici, ma il Ni è meno attivo del Pt e pertanto necessitava di ulteriori sviluppi, ad esempio l'aumento di pressione e temperatura e l'uso di polvere di Ni sinterizzata e porosa per aumentare la superficie di contatto, tutti elementi che facevano aumentare i costi. Questa cella alcalina fu modificata negli anni sessanta dalla NASA per fornire energia elettrica e acqua potabile a bordo della navicella Apollo. Un recente spostamento di interesse verso celle di altro tipo che durano di più, così come sviluppi nella riduzione dei costi e nell'aumento

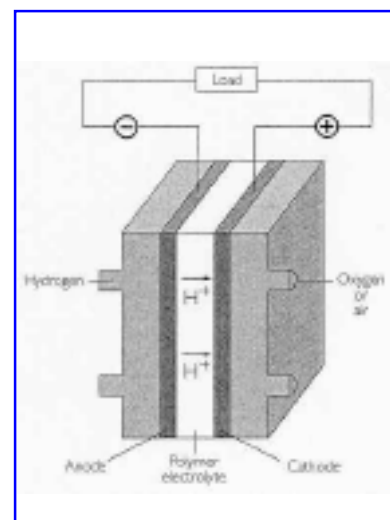


William R. Grove

della densità di corrente delle celle, ha prodotto un rinnovato interesse per lo sviluppo delle celle a combustibile. Esse sono sul punto di competere con i metodi convenzionali di produzione dell'energia elettrica.

### Come funziona una cella a combustibile

Una cella a combustibile è una batteria che, a differenza degli accumulatori, può essere alimentata in continuo con un combustibile così che la produzione di energia elettrica può essere protratta indefinitamente (Fig. 2) {3}.



**Figura 2.** Principio di funzionamento di una cella a combustibile (Load: Carico - Polymer electrolyte: Elettrolita polimerico)

La cella consiste di due elettrodi a contatto dell'elettrolita. L'anodo è alimentato con un combustibile (idrogeno o idrocarburi) e il catodo è alimentato con un ossidante (ossigeno o aria). Il combustibile è ossidato all'anodo, con rilascio di elettroni.

\* Riprodotto per cortese concessione di Education in Chemistry.

Traduzione di Raffaele Pentimalli

\*\*Il Dr. Henrik Colell è co-fondatore di Heliocentris, una ditta che sviluppa e produce celle PEM e sistemi solari ad idrogeno per la ricerca e il mercato educativo. Brian Cook è direttore del servizio internazionale di marketing e vendite della Heliocentris GmbH, Rudower Chaussee 29, 12489 Berlino, Germania.

Questi fluiscono dall'anodo ( il polo negativo) attraverso il circuito di utilizzazione al catodo ( il polo positivo) producendo una corrente elettrica. Al catodo l'ossidante viene ridotto a spese degli elettroni in arrivo. Il trasferimento di carica all'interno della cella è garantito dal movimento degli ioni nell'elettrolita. Così una cella a combustibile fornisce energia come una batteria. La differenza fondamentale, comunque, sta nel fatto che gli elettrodi della cella non si deteriorano dal punto di vista chimico. Così, se una cella ha una continua alimentazione di combustibile, può fornire energia elettrica in continuo.

Una singola cella fornisce una ddp di meno di 1V. Se si richiedono voltaggi maggiori, si devono collegare in serie più celle. Dispositivi commerciali di questo tipo possono arrivare a tensioni di circa 200 V. La massima intensità di corrente erogabile è proporzionale alla superficie degli elettrodi. Oggi le migliori celle possono fornire una densità massima di corrente di 0,5-2 A cm<sup>-2</sup>, in funzione del tipo di cella e delle condizioni operative.

#### Tipi di celle

Le celle a combustibile sono classificate in base al tipo di elettrolita usato (tab. 1). I differenti elettroliti operano a differenti temperature. Le celle a bassa temperatura includono quelle

alcaline (AFC), le celle a membrana scambiatrice di protoni (PEMFC) e le celle ad acido fosforico (PAFC). Tutte usano idrogeno come combustibile; questo è ricavato da gas naturale, biogas o metanolo attraverso processi di reforming - cioè una reazione chimica tra idrocarburi gassosi e vapore d'acqua- oppure si ottiene per elettrolisi dell'acqua. Le celle ad alta temperatura includono quelle a carbonato fuso (MCFC) e quelle a ossido solido (SOFC). Queste celle offrono il vantaggio che possono utilizzare direttamente sia gas naturale sia gas di cokeria non trattati, evitando il passaggio del reforming, attraverso un processo che si chiama reforming interno diretto.

In ragione della struttura modulare, le celle a combustibile sono impiegabili per tutti gli usi - dalle batterie agli alimentatori di congegni specifici ( ordine del watt) a centrali elettriche ( megawatt). Il maggior sforzo di sviluppo è oggi concentrato su generatori stazionari a celle e autotrazione elettrica.

#### Celle a membrana scambiatrice di protoni

La cella a membrana scambiatrice di protoni (PEM) sta ricevendo molta attenzione in parte a causa della sua universale applicabilità, in parte per la sua semplice struttura. Questa cella funziona ad idrogeno frutto del

reforming sia del gas naturale che del metanolo. Le molecole di idrogeno vengono ossidate all'anodo (ambiente ossidante) a ioni idrogeno positivi (protoni), liberando elettroni che vengono trasferiti al catodo attraverso il circuito elettrico esterno. I protoni diffondono attraverso la membrana polimerica conduttrice di ioni (elettrolita) verso il catodo dove reagiscono con l'ossigeno e gli elettroni per formare acqua (riduzione) {4}:  
 anodo  $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$   
 catodo  $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$   
 reazione totale  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$   
 $\Delta G^\circ = -474 \text{ kJmole}^{-1}$  a 25°C

La massima ddp teorica di una cella è 1,23 V come si può ricavare dai dati termodinamici della reazione tra idrogeno e ossigeno per formare acqua {5}. Tuttavia si verificano perdite dovute alla conduzione di corrente (sovratensioni) conseguenza della reazione, come pure a causa della resistenza interna e dell'insufficiente diffusione del gas. Tutto questo porta, in pratica, a diminuire la ddp fornita dalla cella che generalmente si colloca tra 0,6 e 0,9 V per singola cella.

Il cuore della cella PEM è costituito dall'abbinamento membrana-elettrodo. Gli elettrodi sono rivestiti con un catalizzatore contenente un metallo prezioso, di solito platino finemente suddiviso depositato su pezzetti di carbonio specialmente trattato (circa

**Tabella 1.** Confronto dei vari tipi di celle a combustibile

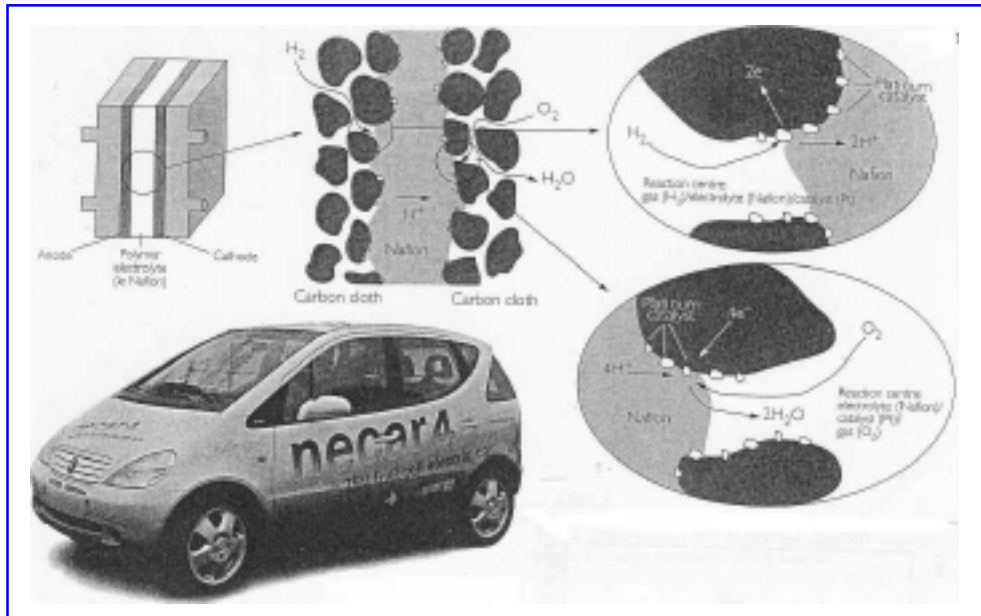
Cella	Elettrolita	Combustibile anodico	Gas catodico	Temperatura operativa °C	Applicazioni
Alcalina (AFC)	Soluzione di idrossido di potassio	Idrogeno	Ossigeno	60-90	Navette spaziali, sottomarini
A membrana scambiatrice di protoni (PEMFC)	Polimero conduttore di protoni	Idrogeno	Ossigeno in aria	60-90	Veicoli per trasporto, impianti fissi, impianti di cogenerazione, erogatori portatili
Ad alimentazione diretta con metanolo (DMFC)	Polimero conduttore di protoni	Metanolo	Ossigeno in aria	90-120	Veicoli per trasporto, impianti fissi, impianti di cogenerazione, erogatori portatili
Ad acido fosforico (PAFC)	Acido fosforico	Idrogeno	Ossigeno in aria	200	Impianti fissi, impianti di cogenerazione
A carbonato fuso (MCFC)	Carbonato alcalino fuso	Idrogeno metano o gas di cokeria	Ossigeno in aria	650	Impianti fissi, impianti di cogenerazione
A ossido solido (SOFC)	Elettrolita solido ceramico	Idrogeno gas naturale o gas di cokeria	Ossigeno in aria	800-1000	Impianti fissi, impianti di cogenerazione



0,1-0,5 mg di platino per cm<sup>2</sup>). Questi elettrodi di carbonio sono pressati a caldo sulla membrana polimerica. Come risultato la membrana penetra nella struttura porosa degli elettrodi e il catalizzatore entra in contatto con il gas, il conduttore di protoni (membrana polimerica) e i conduttori di elettroni (elettrodi). La reazione elettrochimica si svolge in questi punti (Fig. 3).

te il confronto con gli impianti di potenza convenzionali. Gli impianti di potenza che forniscono sia calore che elettricità sono chiamati impianti di cogenerazione o impianti combinati calore/energia. A causa della notevole quantità di calore prodotto dalle celle a combustibile, queste si dimostrano ideali per applicazioni di cogenerazione. Nel prossimo futuro impianti sia di tipo

altrettanta di potenza termica alla temperatura di uscita di 60°C ( a 90°C la potenza termica è 100kW). A causa della grande quantità di energia termica prodotta dai generatori a PAFC, questi sono molto utilizzati per impieghi che richiedano entrambe queste forme di produzione energetica. Il loro tipico rendimento è 40% sia per energia termica che elettrica. Così, se tutta l'energia termica prodotta viene



**Figura 3.** Sezione dell'insieme membrana-elettrodo di una cella a combustibile con membrana scambiatrice di protoni (PEM) (Carbon cloth: Tela di carbonio - Reaction centre electrolyte/catalyst/gas: Centro di reazione elettrolita/catalizzatore/gas)

### Generatori stazionari di potenza

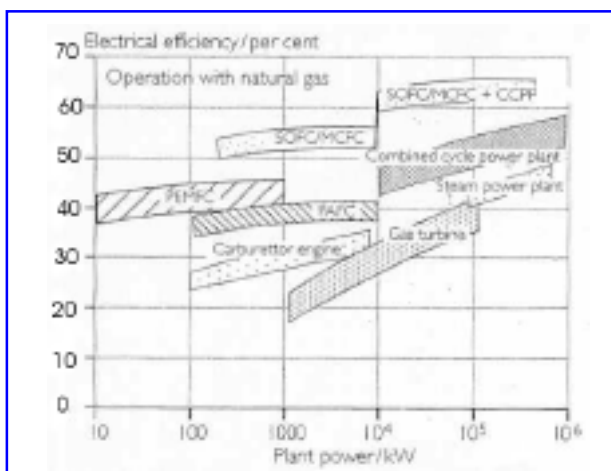
Questi generatori variano in potenza da 1 kW per applicazioni a distanza, fino a diversi MW per grandi complessi industriali. La fig. 4 mostra che la massima efficienza degli impianti di potenza a celle regge favorevolmen-

PEM, sia a celle a ossido solido saranno disponibili per fornire calore ed energia elettrica.

Prodotti negli USA, gli impianti fissi a celle ad acido fosforico (PAFC) funzionano utilizzando gas naturale; forniscono 200 kW di potenza elettrica e

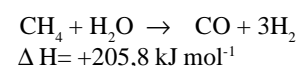
utilizzata, il rendimento totale del sistema può arrivare all'80%.

I componenti essenziali degli impianti di cogenerazione a PAFC che utilizzano gas naturale sono: un impianto di reforming (per convertire il gas naturale in idrogeno); una cella a combustibile (per combinare l'idrogeno prodotto con ossigeno in una reazione controllata per produrre acqua, elettricità e calore); uno scambiatore di calore (per produrre vapore o acqua calda dal calore fornito dalla cella a combustibile); un invertitore (per convertire in corrente alternata quella continua prodotta). Nell'impianto di reforming, il gas naturale (purificato dalle tracce di zolfo) viene miscelato con vapore d'acqua surriscaldato e convertito cataliticamente in idrogeno e ossido di carbonio a circa 800 °C mediante un processo endotermico {4}:



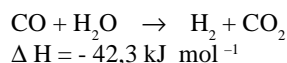
**Figura 4.** Rendimenti massimi di impianti a celle a combustibile in confronto con quelli di impianti tradizionali

(Electrical efficiency: Rendimento elettrico - Operation with natural gas: Funzionamento con gas naturale - Combined cycle power plant: Centrale elettrica a ciclo combinato - Steam power plant: Centrale elettrica a vapore - Gas turbine: Turbina a gas - Carburettor engine: Motore a scoppio - Plant power: Potenza dell'impianto)

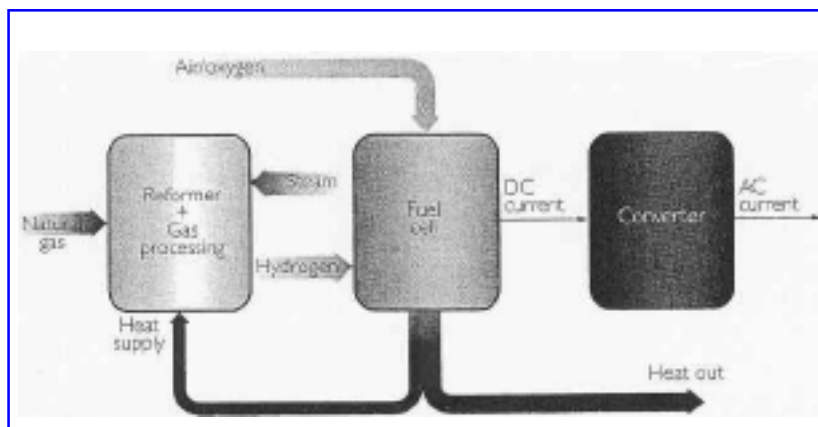


L'ossido di carbonio reagisce ancora con vapor d'acqua, in presenza di

catalizzatore per formare biossido di carbonio e ancora idrogeno, mediante un processo esotermico:



L'idrogeno alimenta in continuo la cella a combustibile (Fig. 5).



**Figura 5.** Principio di funzionamento di un sistema di cogenerazione basato su una cella a combustibile (Gas processing: Trattamento del gas - Steam: Vapore - Heat: Calore - Heat supply: Alimentazione termica - DC current: Corrente continua - Converter: Convertitore - AC current: corrente alternata)

Le celle ad acido fosforico hanno già raggiunto un elevato livello di sviluppo. Gli scienziati stanno attualmente lavorando per tagliare i costi da 2500 sterline (4000 euro) per kW a circa 1000 sterline (1600 euro) per kW per renderle competitive con l'energia prodotta da impianti a cogenerazione diesel tradizionali. A dispetto degli elevati costi, i generatori a PAFC sono altamente affidabili, sono silenziosi e hanno emissioni di inquinanti molto basse - quelle di  $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$  sono inferiori all'1% rispetto ai generatori diesel e quelle di biossido di carbonio sono circa la metà.

Le celle PEM sono in fase di sviluppo sia per la sola produzione elettrica che per la cogenerazione. La compagnia canadese Ballard Power sta attualmente lavorando in collaborazione con Alstrom Europa per produrre cogeneratori PEM da 250 kW per il mercato europeo: il primo modello sarà prodotto in Germania nel gennaio 2000. Il costo iniziale è di circa 3400 sterline/kW (5400 euro) ma scenderà a 2000 (3200 euro) con la produzione in serie prevista entro il 2002.

Le celle a combustibile che operano ad alta temperatura (ossido solido e carbonato fuso) sono in corso di sviluppo essenzialmente per impianti di potenza da 1 kW a più di 1 MW. Questi impianti operanti ad alta tempera-

tura offrono il vantaggio di utilizzare direttamente combustibile a base di idrocarburi, come gas naturale o gas di cokeria. La compagnia svizzera Sulzer Hexis sta sviluppando una cella ad ossido solido per basse potenze. La cella fornirà 1,5 kW di elettricità e 3 kW di calore: ideale per applicazioni domestiche, si prevede che sarà commercializzata entro il 2001.

ha prodotto un autobus da circa 12 m con un motore capace di 275 hp (205 kW) nel 1995. La sua autonomia è di 400 km tra due rifornimenti. È estremamente silenzioso, possiede una buona accelerazione e non produce emissioni. Tre prototipi sono stati venduti alla Chicago Transit Authority per effettuare prove di prestazioni, costi e affidabilità; altri tre sono attualmente in prova a Vancouver. Veicoli passeggeri e da carico equipaggiati con impianti di reforming a bordo sono previsti sul mercato entro il 2004.

I principali problemi che devono comunque affrontare i produttori di auto che cercano di promuovere i veicoli a celle a combustibile rimangono:

- i costi - devono essere abbattuti per rendere competitivi questi veicoli con quelli a combustione interna. Il motore a celle di 50 kW di potenza progettato per le automobili, per esempio, si prevede avrà un costo iniziale di circa £ 6500 (10400 euro) che scenderà a poco più della metà entro il 2005 e a circa £ 2000 (3200 euro) per il 2010. I prezzi correnti per motori a combustione oscillano tra le 1800 e le 2500 sterline (2900 e 4000 euro) {6}.
- Man mano che il mercato si svilupperà, la crescente richiesta di celle a combustibile vedrà lo sviluppo di tecniche di produzione di massa che abbasseranno ulteriormente i costi;
- il sistema di infrastrutture - cioè la rete di distribuzione del metanolo dovrà essere sviluppata;
- la nuova tecnologia dovrà essere universalmente accettata {7}.

#### **Vantaggi della tecnologia delle celle a combustibile**

Malgrado i problemi, ci sono molti vantaggi nell'uso di sistemi a celle a combustibile:

- Esse non hanno parti mobili, funzionano silenziosamente e richiedono scarsa manutenzione.
- Il rendimento di una cella a combustibile non è limitato a quello di un ciclo di Carnot - che è il massimo rendimento ottenibile da un motore che utilizzi la combustione - così le celle per autotrazione generano energia elettrica con un rendimento del 50% a piena potenza e del 60% a potenza ridotta in contrasto con il 15-20% del motore a combustione interna (alcuni motori diesel avanzati hanno raggiunto rendimenti anche del 30%).
- Poiché le celle generano corrente elettrica per via elettrochimica, consuma-

no combustibile a velocità proporzionale al carico elettrico. Quindi quando le richieste sono basse, il consumo di combustibile è basso.

Le celle a combustibile possono produrre grandi quantità di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili, incluse energia solare, vento e biomasse. In ragione della natura intermittente dell'energia ottenibile da tali sorgenti, le dimensioni dei sistemi ad energia rinnovabile per produrre elettricità in continuo (o a richiesta) sono limitate dalle dimensioni del sistema di stoccaggio elettrico. Tipicamente per applicazioni a distanza si usano batterie, e così questi sistemi sono limitati ad applicazioni con basse richieste di potenza. Appena entreranno sul mercato generatori a celle che producano 250 kW o più di potenza elettrica a partire da idrogeno stoccato, i sistemi ad energia rinnovabile potranno essere usati

per fornire grandi potenze con continuità.

Poiché le celle a combustibile convertono idrogeno e ossigeno direttamente in acqua non ci sono emissioni di inquinanti. L'unica emissione è acqua pura distillata. Le celle in questione pertanto soddisfano richieste importanti per apparecchiature che forniscano energia elettrica in modo attento ai problemi ambientali.

Le potenzialità delle celle a combustibile sono enormi. Le applicazioni nel campo della forza motrice si estendono a mezzi per autotrasporto, navi e treni. Le applicazioni di bassa potenza includono illuminazione di strade e insegne stradali in luoghi remoti, postazioni di telecomunicazione isolate e stazioni meteorologiche. La ricerca sta anche rivolgendo il suo impegno a impianti di bassa potenza per telefoni cellulari, computer portatili,

videocamere e apparecchi radio portatili. Il futuro delle celle a combustibile si presenta molto interessante.

### Bibliografia

- [1] International Energy Agency, *Energy Policies of IEA countries*, Paris: OECD, 1996
- [2] H. Khatib, *Power Eng. J.*, IEE, London, October, 1998
- [3] M. Connihan, *A dictionary of energy*. London: Routledge and Kegan Paul, 1981
- [4] K. Kordesh and G. Simader, *Fuel cells and their applications*. New York: VCH, 1996
- [5] H. Colell, *Solar hydrogen technology*. Berlin, Germany: Heliocentris, 1997
- [6] R. L. Chewning, *Energy: alternative power technologies*. New York: US and Americas Investment Research, Morgan Stanley Dean Witter, 27 October, 1997
- [7] La Daimler Chrysler ha annunciato recentemente che la sua vettura Necar 4 (vedi fig.3) sarà nei saloni dei concessionari entro il 2004 (N.d.R.)

## SOCIETA' CHIMICA ITALIANA DIVISIONE DIDATTICA

### VERBALE COMMISSIONE ELETTORALE del 17 GENNAIO 2001

Il giorno 17 Gennaio 2001, alle ore 15, nei locali dell'Istituto di Chimica Organica Applicata, Via Pietro Giuria, 7 Torino, si è riunita la Commissione elettorale formata dai signori:

Erminio Mostacci – presidente,

Patrizia Monti – membro,

Giovanna Manassero – membro,

per procedere allo spoglio delle schede pervenute entro il giorno 15 gennaio 2001.

Funge da segretario del presente verbale la prof. Patrizia Monti.

Numero schede pervenute:	273
Numero schede bianche:	2
Numero schede valide:	271

### Presidente della Divisione

**Giacomo Costa:** 254 voti

Mascitelli Livia, Pera Tiziano,

Olmi Fabio, Niccoli Ermanno,

Bargellini Alberto,

Carpignano Rosarina,

Aquilini Eleonora,

de Alti Giancarlo: **1 voto**

### Consiglieri

**Fetto Pasquale:** 91      **Mozzi Carasso Fausta :** 36

**Carpignano Rosarina:** 81      **Massidda Vittoria:** 29

**Riani Pierluigi:** 63      **Dall'Antonia Patrizia:** 27

**Allevi Pietro:** 51      **Doronzo Salvatore:** 26

**Aquilini Eleonora:** 40      **Mascitelli Livia:** 26

Rapisarda Angelo, Mirone Paolo, Scialis Roberto, Todesco P.E.,

Mostacci E.: **1 voto**

### Risultano pertanto eletti

### Presidente:

**Costa Prof. Giacomo**

### Consiglieri:

**Fetto Sig. Pasquale Carpignano Prof. Rosarina Riani Prof. Pierluigi**

**Allevi Prof. Pietro Aquilini Prof. Eleonora.**

Terminati tutti gli adempimenti previsti, le operazioni di scrutinio sono terminate alle ore 18.20

(firmato)

**I membri della commissione**

# ATTIVITÀ DI MODELLIZZAZIONE NELL'AMBITO DELLA CHIMICA DI BASE

## Alcune riflessioni su un'esperienza di innovazione didattica

### Riassunto

In questo articolo vengono illustrate le caratteristiche salienti di una strategia pedagogica di tipo "costruttivista" per la costruzione del modello particellare nel biennio delle superiori. Vengono affrontati problemi quali il passaggio dal macroscopico al microscopico, la funzione delle sperimentazioni, il ruolo delle situazioni problematiche, l'interazione insegnanti/allievi, i cambiamenti nel modo di lavorare di insegnante e allievi.

### 1 - INTRODUZIONE

Nel documento "I contenuti essenziali per la formazione di base" (marzo 1998) si afferma che, per quanto riguarda le scienze della natura, gli studenti dovrebbero "... appropriarsi di modi di guardare, descrivere e interpretare i fenomeni naturali che si avvicinano progressivamente a quelli scientificamente accreditati". Inoltre si sostiene che, a livello cognitivo, dovrebbero essere valorizzate "... le attività di modellizzazione, schematizzazione e formalizzazione, mediante le quali i fenomeni vengono descritti e interpretati". Si tratta di attività mentali che appartengono, insieme ad altre, ai complessi processi cognitivi che gli scienziati attivano al fine di rendere intelligibile il mondo che ci circonda. Con tali affermazioni, si riconosce che apprendere le scienze significa appropriarsi non soltanto delle conclusioni cui giungono gli scienziati, vale a dire i prodotti del loro lavoro, ma anche dei modi di ragionare e di lavorare cui gli scienziati ricorrono

PAOLA BOSCO<sup>(\*)</sup>  
EZIO ROLETTO<sup>(\*\*)</sup>

per elaborare tali prodotti. In altre parole, apprendere le scienze significa armarsi di competenze fondamentali che permettono: - di andare oltre le apparenze percettive e di interpretare i fenomeni con i modelli ed i processi cognitivi degli scienziati; - di interrogare la natura con sperimentazioni adeguate e pertinenti.

In questo articolo viene presentata e analizzata un'esperienza di innovazione didattica condotta nell'ambito dell'insegnamento della chimica di base (primo corso di chimica della scuola secondaria superiore) con l'obiettivo di portare gli allievi a costruire e padroneggiare un modello particellare semplificato, utilizzabile per interpretare gli stati fisici della materia e le trasformazioni di stato. Una sperimentazione analoga è in corso in alcune classi di scuola media, a cavallo tra la fine del secondo anno e l'inizio del terzo, con una diversa organizzazione delle attività: si parte infatti dai solidi per concludere con i gas e si insiste molto sugli aspetti macroscopici dei fenomeni. Prima di entrare nel vivo del soggetto, è opportuno precisare cosa si intenda per *modello particellare* e per *interpretazione di un fenomeno*.

Un modello particellare è un insieme di proposizioni di natura ipotetica o, se si preferisce, di congetture che permettono di interpretare e prevedere fenomeni di natura fisica (dilatazione, compressione, fusione, solidificazione, evaporazione, ecc.) e/o di natura chimica (le reazioni chimiche). Qualsiasi modello particellare comporta un'ipotesi fondamentale: l'esistenza di particelle come unità costitutive della materia. Inoltre, per essere operativo, il modello richiede altre ipotesi relative alle caratteristiche delle

particelle, sia quelle intrinseche (forma, massa, dimensione, ecc.), sia quelle relazionali (disposizione delle particelle nello spazio, vincoli tra particelle, ecc.). I modelli particellari servono per costruire rappresentazioni mentali dei fenomeni e tali rappresentazioni si riferiscono a due livelli di efficacia cognitiva. Si ha infatti un primo livello nel quale ci si limita a modellizzare i sistemi prima e dopo la trasformazione, senza preoccuparsi di come si passi dallo stato iniziale a quello finale: il modello viene allora usato per rendere conto, in modo coerente, dei diversi stati di un sistema: ad esempio, gli stati solido e liquido di un corpo prima e dopo la fusione. Esiste poi un secondo livello nel quale il modello viene usato come strumento per ragionare sui fenomeni empirici a partire dalle proprietà delle particelle. In questo caso, usando il modello è possibile avanzare previsioni su ciò che potrebbe accadere a livello macroscopico: ad esempio, per prevedere come influisca l'aumento di temperatura di un liquido sull'evaporazione o, per meglio dire, sull'entità dell'evaporazione.

Un modello è sempre riferito ad un insieme più o meno esteso di fenomeni. In genere, nei libri di testo di chimica, si fa subito riferimento sia a fenomeni di tipo fisico sia a quelli di tipo chimico e l'insegnante espone agli allievi un modello che funziona per entrambi. Si propone quindi, di primo acchito, un modello complicato che non soltanto comprende diversi tipi di particelle (molecole, atomi, elettroni, ecc.) con caratteristiche differenti, ma introduce anche le idee di energia e di interazione tra le particelle. Un tale modello, così come viene proposto, risulta troppo complicato per gli studenti del corso di base di chimica. Questi però possono appropriarsene in modo graduale, se si limita inizialmente il campo dei fenomeni a quelli fisici e si costruisce

(\*) ITG "A. Pozzo" - ITI "M. Buonarroti" - Trento e-mail: [paola.bosco@vivoscuela.it](mailto:paola.bosco@vivoscuela.it)

(\*\*) Centro Interdipartimentale per la Ricerca Didattica e l'Aggiornamento (C.I.R.D.A.) - Università di Torino.

10 Dipartimento di Chimica Analitica  
via Pietro Giuria n. 5 - 10125 TORINO  
e-mail: [roletto@ch.unito.it](mailto:roletto@ch.unito.it)



un modello semplice nel quale si può ricorrere unicamente all'idea di *particella*. Quando gli studenti padroneggiano tale modello, è possibile allargare il campo empirico alle reazioni chimiche e chiedersi come debba essere modificato il primo modello per disporre di uno strumento utilizzabile sia per le trasformazioni fisiche che per quelle chimiche. In effetti, questi due tipi di trasformazioni sono profondamente diversi dal punto di vista degli invarianti. Se nelle trasformazioni fisiche è l'identità della sostanza che si conserva, nelle reazioni chimiche le sostanze si trasformano ed è l'elemento l'invariante del fenomeno. È possibile portare gli allievi ad appropriarsi di questo criterio per distinguere i due tipi di trasformazioni solo dopo un lungo percorso che prevede la costruzione di molti concetti: sostanza, molecola, atomo, elemento, ecc. Nel contesto di questa sperimentazione si arriva dunque gradualmente al modello proposto dai libri di testo, ma con due differenze fondamentali: il modello viene costruito dagli allievi affrontando una serie di situazioni problematiche; le situazioni di apprendimento lasciano ampio spazio alle attività di modellizzazione.

Portare gli allievi a *costruire* un modello particellare è cosa profondamente diversa dall'*esporre* lo stesso modello. Assegnare agli allievi un ruolo attivo nel processo di apprendimento implica trasformazioni profonde, rispetto a ciò che avviene nell'insegnamento tradizionale, non solo nel modo di lavorare degli allievi, ma anche nelle situazioni di apprendimento proposte e nel modo di lavorare dell'insegnante. Questi ed altri aspetti di natura pedagogica e didattica vengono presi in considerazione in questo articolo.

## 2 - DALLA SITUAZIONE PROBLEMÁTICA AL MODELLO

In precedenza si è sottolineato che apprendere le scienze significa impossessarsi non solo delle conclusioni a cui giungono gli scienziati, ma anche dei loro modi di ragionare e di lavorare. Gli scienziati lavorano con un approccio sperimentale. Sotto lo stimolo di una situazione problematica o di un fatto polemico, essi avanzano, fondandosi su congetture interpretative anche molto grezze, una proposta di soluzione la cui accettabilità viene valutata mediante sperimentazioni. In que-

sto modo possono saggiare l'accettabilità delle proprie congetture, ossia delle teorie e dei modelli con i quali riescono a interpretare fenomeni che si presentano anche molto diversi tra loro da un punto di vista percettivo, empirico. Contrariamente a quanto pensa la maggior parte degli insegnanti [1], a fondamento del sapere scientifico non sta l'osservazione, ma una situazione problematica [2].

A partire da queste considerazioni e da un complesso di ricerche sulle attività di modellizzazione [3], è stata elaborata una sequenza didattica già illustrata su questo periodico [4] ragion per cui non viene più presentata in dettaglio in questo articolo. La sequenza è strutturata in unità che vengono suggerite agli insegnanti come tappe di un percorso che porta, attraverso lo studio di fenomeni a livello macroscopico ed alla successiva loro interpretazione a livello microscopico, alla costruzione di un modello particellare. Nelle attività proposte vengono presi in considerazione alcuni fenomeni fisici quali compressione, dilatazione, fusione, evaporazione, ecc. che coinvolgono i tre stati della materia (solido, liquido, aeriforme). Lo studio dei fenomeni a livello macroscopico contribuisce a rendere operativo il modello particellare, in quanto lo arricchisce dal punto di vista delle caratteristiche sia intrinseche sia relazionali delle particelle. Si richiede agli allievi di modellizzare i sistemi prima e dopo la trasformazione presa in considerazione, si discutono le diverse rappresentazioni proposte e la discussione diventa il motore di ricerca, in quanto si ricorre al modello non solo per interpretare e capire il fenomeno osservato macroscopicamente, ma anche per avanzare ipotesi su fenomeni non ancora analizzati a livello empirico. Tali attività hanno costituito il filo conduttore, la trama del lavoro svolto con classi del biennio negli istituti tecnici da Paola Bosco. Nei paragrafi che seguono, la presentazione della strategia pedagogica adottata è accompagnata da alcune riflessioni "sul campo" al suo riguardo.

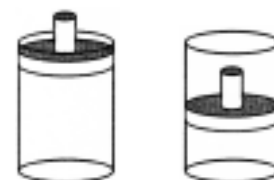
## 3 - COME SI LAVORA A COSTRUIRE IL MODELLO

### *Una situazione empirica*

Per ogni attività, viene sottoposto all'attenzione della classe un fenomeno che è, a seconda delle situazioni, o oggetto di sperimentazione diretta

da parte degli allievi o oggetto di dimostrazione da parte dell'insegnante. Per ogni fenomeno preso in esame, gli allievi sono invitati a rispondere ad alcuni quesiti, riuniti in una scheda, relativi agli aspetti macroscopici del fenomeno stesso; per esempio, nella figura 1 è riprodotta la scheda usata per la prima attività, a livello macroscopico, con i gas. In seguito, con un'altra scheda, si chiede agli allievi di interpretare lo stesso fenomeno a livello microscopico mediante il modello particellare. Le schede di lavoro vengono assegnate agli allievi senza alcuna spiegazione supplementare. I fenomeni vengono considerati in una successione tale che loro interpretazione permetta di arricchire il modello di nuove caratteristiche.

*Quando spingiamo forte il pistone di un cilindro a tenuta, nel quale si trova un gas puro, il pistone si abbassa.*



1) Secondo te, in questo esperimento, la **quantità** di gas

- aumenta       rimane uguale  
 diminuisce     non so rispondere

Spiega la tua risposta.....

2) Secondo te, in questo esperimento, il **volume** occupato dal gas

- aumenta       rimane uguale  
 diminuisce     non so rispondere

Spiega la tua risposta.....

**Figura 1** - La scheda proposta per raccogliere le idee degli allievi a proposito del fenomeno di compressione di un gas puro (livello macroscopico).

In primo luogo è da segnalare che, a differenza di ciò che succede nell'insegnamento tradizionale, la tentazione di copiare le risposte dei compagni è bassissima, probabilmente perché lo studente è convinto di avere qualche idea da esprimere e da mette-



re a confronto con quelle di altri. La discussione collettiva riguarda le scelte effettuate e la loro giustificazione. Le domande possono sembrare banali, ma non è assolutamente così, tanto è vero che, ad esempio, vi è ancora chi confonde quantità di gas e spazio occupato (in termini scientifici massa e volume).

*Dal macroscopico al microscopico*  
A partire dai problemi posti a livello macroscopico, dalle risposte date dagli allievi e dalle relative argomentazioni, si passa ad interpretare con il modello la situazione studiata a livello empirico. Contrariamente a quanto avviene nel modo di insegnare tradizionale, il modello non viene presentato dall'insegnante ma è costruito gradualmente dagli allievi. A questi viene fornita, per avviare l'attività di modellizzazione, una congettura interpretativa grezza di questo tipo:

*Gli scienziati ci dicono che la materia è costituita di particelle. Tali particelle hanno le seguenti proprietà:*

- una particella conserva sempre la propria forma, è indeformabile;
- una particella conserva sempre le proprie dimensioni;
- una particella occupa sempre la stessa quantità di spazio (ha sempre lo stesso volume);
- una particella di un determinato tipo ha sempre la stessa quantità di materia, diversa da quella di particelle di un altro tipo.

È l'insegnante che fornisce agli allievi questi assiomi che sono riportati anche sulla scheda che dà inizio alle attività di modellizzazione. In pratica, è come se l'insegnante facesse presente agli allievi che gli scienziati sono arrivati a certe convinzioni (gli assiomi) che vengono usate come punto di partenza per definire le altre proprietà delle particelle e quindi completare il modello. Da un punto di vista storico, gli assiomi corrispondono, almeno parzialmente, alle proprietà che Dalton attribuiva agli atomi.

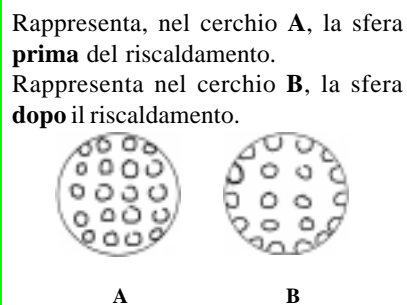
Le espressioni usate sono volutamente generiche. Per esempio, qualcuno potrebbe ritenere che l'espressione *quantità di materia* che figura nell'ultimo assioma sia poco chiara e pensare che sarebbe meglio sostituirla con *peso* o *massa*. Le varie sperimentazioni che abbiamo condotto e stiamo conducendo mostrano che il concetto di massa è tutt'altro che semplice per

cui occorre usarlo con molta cautela e solo quando si è sicuri che gli studenti lo padroneggiano. Per quanto riguarda il *peso* preferiamo non farvi riferimento in quanto richiama, anche nel linguaggio quotidiano, un'operazione di pesata e ciò potrebbe portare gli allievi a concepire le particelle come *pezzi di materia* ossia come insiemi di particelle. Le sperimentazioni mostrano che l'espressione *quantità di materia* risulta chiara anche agli allievi della scuola media inferiore che l'adottano rapidamente e la usano in modo corretto.

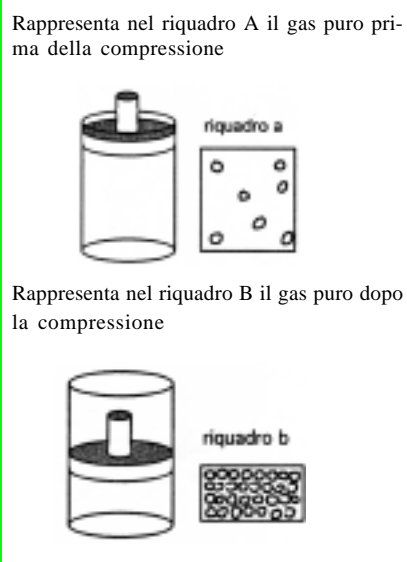
Le attività relative alle interpretazioni dei fenomeni fisici a livello microscopico e le discussioni che le accompagnano portano gli allievi a proporre nuove proprietà delle particelle, proprietà che vanno via via ad aggiungersi agli assiomi iniziali, arricchendo così la sintassi del modello. Per esempio, nel caso del fenomeno di compressione di un gas puro, nella scheda successiva a quella riprodotta in figura 1, si chiede agli allievi di rappresentare, mediante le particelle, il gas nelle due situazioni. Nella rappresentazione gli allievi devono tenere conto che si tratta di un gas puro e quindi usare un solo tipo di particella; che il gas occupa tutto lo spazio a disposizione; che lo spazio occupato dal gas diminuisce in seguito alla compressione e quindi le particelle devono essere più distanti prima della compressione e più vicine dopo (non può essere altrimenti, in quanto gli assiomi dicono che le particelle conservano forma e dimensioni); che la quantità di gas non cambia e quindi il numero di particelle non può cambiare. La discussione collettiva che segue la modellizzazione riguarda la rispondenza della rappresentazione iconica, da una parte, agli assiomi (deve essere rispettata la "sintassi" del modello), dall'altra, alla situazione empirica (deve esservi corrispondenza tra situazione empirica e interpretazione modellistica).

Le attività proposte permettono di verificare continuamente i livelli di elaborazione e di padronanza (o di "interiorizzazione") del modello da parte degli studenti. Questi ultimi incontrano inizialmente non poche difficoltà a modellizzare la situazione empirica ed a rendere concreta tale modellizzazione con un disegno. L'attività di modellizzazione non è un gesto impulsivo e superficiale e con questa strategia didattica viene praticata in

modo esplicito e sistematico. Importante è anche la relazione tra rappresentazione iconica e argomentazione scritta. Spesso non vi è accordo tra ciò che l'allievo scrive nella sua spiegazione e la rappresentazione mediante le particelle della situazione sperimentale. Ad esempio, benché abbiano affermato che le particelle risultano indivisibili, alcuni studenti, quando devono interpretare con il modello la dilatazione di un solido, ricorrono tranquillamente ad una rappresentazione del tipo di quella riportata in figura 2. Parimenti, vi sono allievi che affermano che in una compressione la quantità di gas rimane la stessa e poi disegnano un numero diverso di particelle nelle due situazioni (figura 3).



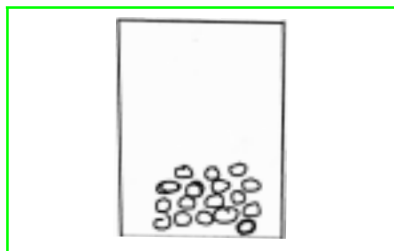
**Figura 2** - Come uno studente rappresenta con il modello particellare la dilatazione di un solido puro.



**Figura 3** - Come uno studente rappresenta con il modello particellare la compressione di un gas puro.

Il passaggio dal macroscopico al microscopico, dal dato empirico alla rappresentazione modellistica è difficile ed i tempi necessari per concettualizzare questo tipo di relazione sono lun-

ghi. Gli ostacoli che gli allievi incontrano sono molteplici. Come mostrano gli interrogativi che essi pongono e si pongono. Ad esempio, gli allievi chiedono se ogni bollicina dell'acqua gasata coincide con una "particella", confondendo *particella*, oggetto mentale inventato per interpretare i fenomeni, con *piccola frazione* di un corpo; oppure non accettano una rappresentazione dello stato liquido riportata in figura 4, perché il liquido non lambisce le pareti.



**Figura 4** - Come uno studente rappresenta con il modello particellare un liquido puro.

Nel modellizzare il fenomeno della dilatazione di un solido, gli allievi ricorrono alla dilatazione non soltanto degli spazi vuoti tra le particelle, idea accettabile, ma anche delle particelle, entrando così in contraddizione con uno degli assiomi iniziali (una particella conserva sempre le stesse dimensioni). Quando viene richiesto (figura 5) di rappresentare con il modello una sfera solida prima e dopo il riscaldamento (ossia prima e dopo la dilatazione), gli studenti non disegnano nulla perché ritengono che i due cerchi che figurano sulla scheda rappresentino la particella prima e dopo la dilatazione. In questo caso, non soltanto sono in contraddizione con l'assioma relativo alle dimensioni delle particelle, ma confondono il piano dell'osservazione macroscopica con quello dell'interpretazione microscopica.

Si tenga presente che la consegna data al punto 3 della scheda 6 (figura 5) è volutamente generica. Si sarebbe potuto scegliere una consegna più specifica - ad esempio, *rappresenta con il modello particellare la sfera....* - ma in questo modo si sarebbe esplicitato il ricorso al modello particellare; a questo punto del percorso didattico, riteniamo che gli allievi debbano procedere alle operazioni di modellizzazione senza che vi sia, da parte dell'insegnante, un richiamo esplicito al modello.

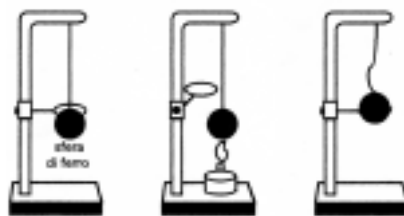
Una conseguenza importante di questo modo di lavorare è il fatto che gli studenti stessi si rendono conto che è necessario un atteggiamento molto rigoroso. Infatti, nel momento della discussione collettiva, sono i compagni i primi a fare rimarcare ed a criticare apertamente le discrepanze tra rappresentazione iconica e argomentazione scritta, invocando il rispetto del modello e quindi delle sue proprietà. L'atteggiamento rigoroso emerge anche nell'utilizzo del linguaggio specifico della disciplina: non si usano più termini in modo "qualunquistico" o approssimato, ma si attribuisce ad ognuno di essi uno specifico significato. A questo proposito, si è notato per la prima volta che gli allievi si divertono a reperire i termini chimici entrati nel lessico quotidiano con un significato improprio. Alla fine non vi sono dubbi su che cosa significhi sostanza pura o sulla differenza tra fusione e dissoluzione. (Posso trasportare aria pura dalla montagna in città? Il ghiaccio si scioglie o fonde?) Si vedono gli allievi acquistare indipendenza e sicurezza, come conseguenza del fatto che finalmente sono in grado di usare gli strumenti intellettuali costruiti in classe per affrontare situazioni problematiche. In de-

terminate occasioni, spesso dopo lunghe discussioni alla fine delle quali si è giunti a un'interpretazione condivisa dal gruppo classe, risulta interessante proporre agli allievi di redigere uno scritto nel quale ripercorrere le tappe del lavoro svolto su un determinato fenomeno per esplicitare ad un ipotetico lettore, ma in primo luogo a se stessi, i processi mentali messi in atto per passare dai dati empirici alla rappresentazione mediante il modello. Siamo ben lontani dalla tradizionale relazione di laboratorio: non più esposizione di ciò che è stato osservato, ma reale riflessione di tipo metacognitivo al fine di documentare il percorso intellettuale.

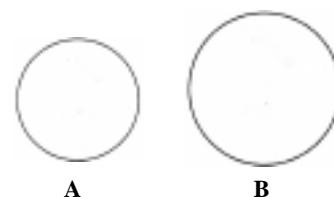
*Il laboratorio nella nuova strategia*

L'attività pratica non consiste più nell'eseguire una ricetta di sicuro successo, ma trova l'allievo proteso verso l'acquisizione di nuove informazioni che gli permettano di proseguire nella costruzione del modello o nel suo consolidamento. In altre parole, si assiste ad una assunzione di iniziativa e responsabilità. Spesso capita che gli allievi propongano sperimentazioni per uscire da situazioni di stasi problematica, ossia quando si confrontano più congetture che il gruppo classe ha elaborato per interpretare un fenomeno o un gruppo di fenomeni. In questo caso sono gli studenti stessi a proporre cosa fare ed a indicare cosa serve per farlo; l'insegnante si limita a valutare la fattibilità della sperimentazione proposta, non più la *buona riuscita*. Ad esempio, spontaneamente gli allievi si chiedono se vi sia una relazione tra entità dell'evaporazione e area della superficie di contatto del liquido con l'aria, progettano la sequenza di operazioni da compiere per dare risposta

**Il disegno rappresenta un esperimento fatto con una sfera di ferro. Prima di essere riscaldata, cioè quando è fredda, la sfera passa attraverso l'anello. Si riscalda la sfera con una fiamma. Dopo il riscaldamento, la sfera non passa attraverso l'anello.**



3) Rappresenta, nel cerchio A, la sfera prima del riscaldamento. Rappresenta, nel cerchio B, la sfera dopo il riscaldamento



- 1) Secondo te, dopo il riscaldamento, il **volume** della sfera è  
 più piccolo di quello iniziale     uguale a quello iniziale  
 più grande di quello iniziale     non so rispondere  
 Spiega la tua risposta.....
- 2) Secondo te, con il riscaldamento, la **quantità** di ferro della sfera  
 aumenta     rimane uguale     diminuisce     non so rispondere  
 Spiega la tua risposta .....

Giustifica il tuo disegno.....

**Figura 5** - La scheda proposta per interpretare con il modello particellare il fenomeno di dilatazione di un solido puro.

al problema e indicano quali variabili debbano essere controllate. Dopo la fase sperimentale del lavoro e la discussione dei risultati ottenuti, sono in grado di proporre una giustificazione microscopica dei dati sperimentali. Spesso gli allievi anticipano l'insegnante, sollevando il problema che quest'ultimo intendeva portare alla loro attenzione. Per esempio, dopo aver studiato il comportamento dell'acqua sottoposta a riscaldamento, gli allievi si sono chiesti se anche le sostanze solide si comportassero in modo simile. È facile rendersi conto che l'interesse non può essere lo stesso per qualche cosa proposto dall'esterno (insegnante) e per qualche cosa che è pensato da colui che apprende. Da questo punto di vista, è interessante analizzare quanto è avvenuto nel caso dello studio del fenomeno di riscaldamento di una sostanza pura. Negli anni passati, questo esperimento veniva proposto per realizzare un duplice obiettivo: portare gli allievi a rendersi conto che durante i cambiamenti di stato si manifesta una sosta termica e che due fenomeni simmetrici, come ad esempio fusione e solidificazione, avvengono alla stessa temperatura. Nell'ambito della nuova strategia didattica, grazie alle attività svolte in precedenza, l'esperimento non si riduce più all'osservazione passiva del fenomeno al fine di raccogliere un insieme di dati sperimentali da usare per la costruzione di un grafico. Le risposte che gli studenti danno alle domande relative alla conservazione o meno della quantità di sostanza nella trasformazione e l'invito a rappresentare con il modello la sostanza prima e dopo la trasformazione, li pongono in condizione di rappresentarsi mentalmente il fenomeno, di "pensarlo" in termini di modello e sono quindi un importante trampolino di lancio per curiosità, considerazioni e collegamenti preziosi fatti dagli stessi alunni. Affrontando l'argomento con un approccio tradizionale, non si ha l'occasione di rendersi conto del vasto spettro di abilità mentali di cui dispongono gli allievi.

Nell'insegnamento tradizionale il laboratorio è spesso ritenuto un'occasione per arricchire e consolidare le conoscenze teoriche, e in quanto tale non strettamente necessario, mentre in questa strategia risulta funzionale all'attività di apprendimento e quindi indispensabile. È importante sottolineare

che, per quanto riguarda questa fase del lavoro, non necessitano attrezzature complicate e quindi qualsiasi insegnante con un po' di iniziativa può facilmente reperire ciò che serve.

#### 4 - PERCHÉ SI PARTE DA PROBLEMI?

Le risposte alle domande che figurano nelle schede e le idee degli allievi che emergono durante la discussione, vengono raccolte dall'insegnante, sintetizzate e scritte alla lavagna. Perché? Colui che apprende è visto come un soggetto che ha sviluppato proprie interpretazioni del mondo e dei suoi fenomeni, propri modi di ragionare che, essendo sovente intrisi di senso comune, costituiscono veri e propri ostacoli all'apprendimento. Diventa quindi fondamentale offrire agli allievi l'opportunità di esplicitare le proprie idee: da una parte, perché ne prendano coscienza, dall'altra perché solo conoscendo le idee degli allievi l'insegnante può progettare il lavoro in modo da favorirne l'evoluzione e la trasformazione. Ecco il motivo per cui si propone agli allievi di affrontare situazioni problematiche con le proprie concezioni, dando loro l'occasione di rendersi personalmente conto dei limiti e delle insufficienze di queste ultime, in modo da invogliarli a modificarle, oppure ad abbandonarle per sostituirle con altre più efficaci già disponibili. In questo caso, l'insegnante non lavora in prima persona a demolire le concezioni degli allievi, ma organizza le attività in modo che questi ultimi lavorino con le loro idee per andare contro di esse.

#### 5 - COME RISPONDE LA CLASSE

Quando gli studenti iniziano ad esprimere le proprie idee, la cosa che più colpisce è che ne hanno tante, molte più di quanto si possa prevedere. Nel corso di questo lavoro con gli studenti sono emerse molte immagini, credenze, frasi immagazzinate come espressioni senza significato, alcune ricche di termini scientifici, altre intrise di senso comune, ma tutte ormai interiorizzate dagli studenti come se si trattasse di certezze consolidate. Ad esempio, molti allievi ritengono che i gas non pesino e quindi, non avendo massa, non occupino spazio. Grande confusione esiste sui significati di spazio e volume occupati da un gas. È necessaria una lunga discussione per stabilire cosa cambi a livello microscopico quando un gas viene compresso: l'idea che tra particella e par-

ticella esistano spazi vuoti, proposta da qualcuno, crea inizialmente derisione perché molti sono gli studenti convinti che il vuoto non esista.

Alcuni allievi pensano che, quando viene riscaldata, l'acqua si dilati perché si decompone in ossigeno ed idrogeno che, in quanto gas, occupano volumi superiori a quelli dei liquidi. Per sostenere questa spiegazione, propongono di osservare i gas (ovviamente idrogeno ed ossigeno) che si sviluppano e sono visibili ad occhio nudo quando si riscalda l'acqua al di sotto del punto di ebollizione. Risulta essere convinzione comune e radicata che un solido riscaldato fino al punto di fusione si trasformi in acqua: questa idea discende dalla concezione di fondo che lo stato liquido è lo stato acquoso.

#### 6 - COME SI ABITUA LA CLASSE A LAVORARE

Inizialmente il pensiero che tutti gli studenti possano manifestare liberamente le proprie idee può spaventare, in quanto si ritiene impossibile gestire la classe in queste condizioni. In realtà si sviluppa presto nella classe un atteggiamento di reale democrazia, probabilmente a causa di più fattori concomitanti. Innanzitutto l'insegnante raccoglie le idee degli allievi sulla lavagna, senza scartarne alcuna e senza esprimere alcun giudizio di merito o di attinenza: ben presto questi si rendono conto che se parlano tutti insieme il docente non può sentire la *loro* idea. Inoltre si nota una piccola rivoluzione nei ruoli. Inizialmente, la prima risposta al problema posto dall'insegnante viene da colui che è ritenuto il *bravo della classe*: i compagni preferiscono attendere che questi si esprima per calibrare i propri interventi sulle sue idee. Seguono i più coraggiosi, gli sbruffoncelli, quelli che, comunque, vorrebbero dire qualcosa. Inizialmente i più timidi sono esclusi. Questi però, da una parte, si rendono rapidamente conto che il docente dà lo stesso valore alle idee di ogni allievo e, dall'altra, si accorgono che le loro idee non sono poi diverse da quelle di altri allievi più estroversi. A questo punto, anche i più timorosi escono allo scoperto, spesso manifestando importanti risorse mentali. I bravi e gli sbruffoni vengono quindi ridimensionati e si assiste invece alla emersione di figure che, fino a poco tempo prima, godevano di scarsa o nulla considerazione. Sembra che questo modo di insegnare e di imparare, valorizzando le idee

degli allievi ed i loro modi di ragionare, ossia capacità e competenze non tenute in considerazione nell'insegnamento tradizionale, trovi spiazzati gli studenti che hanno investito molte energie nello studio tradizionale, mnemonico. È da tenere presente che nei bienni riformati degli istituti tecnici delle scuole superiori si è assistito a un proliferare di discipline diverse che pesano molto agli studenti in termini energetici. Coloro che hanno risparmiato energie sono entusiasti di investire in qualche cosa che a loro appare divertente e per nulla noioso, diversamente dalle discipline insegnate in modo tradizionale. Dopo un breve periodo di rodaggio nel corso del quale prendono familiarità con questo modo di lavorare, tutti gli allievi si sentono legittimati a esprimere le proprie convinzioni e nessuno detiene più il ruolo di portavoce.

Inoltre ogni idea, ogni risposta deve essere spiegata e/o giustificata e qui si assiste a un importante sviluppo degli strumenti linguistici e logici negli alunni. All'inizio è frequentissima l'espressione: "Per me è così, ma non so il perché". In seguito risposte come queste scompaiono, forse anche per l'intervento dei compagni che, inseguendosi nel ragionamento dell'interlocutore, lo costringono a ricercare le parole pertinenti per esprimere le proprie idee.

Non si può negare che nei primi tempi le discussioni sono molto animate, in quanto si trovano a lavorare insieme studenti provenienti da realtà eterogenee e quindi con vissuti differenziati. Sono, nel contempo, adolescenti con la voglia della trasgressione, e soggetti che provengono dalle scuole medie e si sentono smarriti nel "nuovo" istituto. Alle prime battute qualcuno di essi è confuso dalla diversità del modo di lavorare, non sa che cosa scrivere sul quaderno, non sa dove recuperare le informazioni in caso di assenza. Serve quindi un po' di tempo perché si abituino ad organizzare il proprio lavoro, a dialogare, a sostenere con motivazioni ragionevoli le proprie convinzioni, ad ascoltare il parere degli altri, a discutere in modo civile, a sintetizzare ciò che è ritenuto utile.

#### **7 - COSA CAMBIA PER GLI ALLIEVI**

Allo studente viene attribuito un ruolo molto più impegnativo e responsabile, ma lo studio e l'apprendimento della disciplina, ritenuta tradizionalmente difficile, risulta molto più age-

vole e leggero. Gli allievi trovano divertente imparare in questo modo ed essi non temono lo sforzo e l'impegno che è necessario approfondire. È da notare che anche studenti adulti delle scuole serali sono entusiasti di questa strategia pedagogica che riesce a catturare la loro attenzione anche dopo 8-10 ore di lavoro. Molti di loro hanno abbandonato la scuola nel periodo dell'adolescenza e confessano che, con questo modo di lavorare, sentono di fare chiarezza nella loro mente, hanno l'impressione di ricomporre un puzzle nel quale trovano sistemazione brandelli dispersi di sapere acquisito nell'insegnamento tradizionale.

L'approccio adottato si rivela inoltre efficace sul versante del trasferimento delle conoscenze e dei collegamenti tra discipline differenti: la mente degli studenti spazia, viaggia in continuazione e questo continuo movimento conferisce agilità e flessibilità al loro modo di pensare. Si tratta di una caratteristica molto importante di questa strategia, in quanto apprendere a trasferire conoscenze è il passo decisivo nella costruzione di competenze. Ad esempio, nel riscaldare con l'asciugacapelli un palloncino gonfio di aria, molti ragazzi hanno notato che quanto più si riscaldava l'aria all'interno del palloncino, tanto più questo tendeva ad andare verso l'alto. Il ricorso al modello particellare ha permesso di capire perché l'aria calda tenda ad andare verso l'alto, in quanto ha consentito di spiegare le diverse densità (grandezza non ancora affrontata in chimica, ma in fisica) dell'aria a temperature differenti. È stata questa una delle occasioni in cui si è notato che gli allievi sono in grado di individuare relazioni qualitative tra variabili che gli scienziati hanno formalizzato in leggi o principi che gli allievi non conoscono. Questo aspetto è di rilevante valore didattico: è essenziale capire la natura qualitativa delle relazioni tra variabili, e quindi capire il fenomeno, prima di passare alla sua quantificazione; è essenziale padroneggiare la prima per affrontare la seconda con buone speranze di successo.

#### **8 - COSA CAMBIA PER IL DOCENTE**

Anche per il docente il passaggio dal modo tradizionale di insegnare a quello "costruttivista" richiede un impegno non indifferente. Dal punto di vista psicologico, è duro mettere in discussione il proprio ruolo, abbandonare le sicurezze accumulate con

l'esperienza, avviare la costruzione di nuove competenze. Inizialmente provoca smarrimento l'idea di gestire la classe in modo nuovo, non avanzare previsioni sulle argomentazioni che emergeranno nella discussione, non esprimere giudizi di merito e non esporre la "verità" scientifica, anche se gli allievi la reclamano, se non nel momento opportuno. L'insegnante deve essere in grado di gestire un gruppo e di realizzare gli obiettivi che si era proposto senza disprezzare l'idea di alcuno, senza essere dispersivo e trovando elementi comuni in idee espresse in modi diversi. Per quanto possibile, le richieste e curiosità degli allievi vanno soddisfatte, non importa se nell'ambito dell'argomento che si sta discutendo o in occasione di un prossimo lavoro su un'altra porzione di sapere: ciò che conta è che l'allievo si renda conto che le sue idee sono prese in considerazione e che possono essere funzionali alla discussione per indagare ulteriormente la natura dei fenomeni oggetto di studio.

Inoltre, l'insegnante deve interpretare in modo nuovo pratiche consolidate della scuola tradizionale, quali la programmazione e la valutazione. La prima deve trasformarsi in progettazione delle situazioni di apprendimento, mentre la seconda deve essere ripensata profondamente, perché in un approccio costruttivista non è più possibile invocare la falsa oggettività della media dei voti per formulare la valutazione finale. Questo perché la vita scolastica non è più scandita dal ritmo tradizionale: lezione frontale - studio individuale - interrogazione. Benché siano previste attività di verifica con voto, il modo di lavorare è tale per cui si deve tenere conto di tutti i contributi che ogni singolo allievo ha apportato al dibattito ed alla elaborazione collettiva, delle sue capacità di analisi e di sintesi, di organizzazione, di rielaborazione, di proposizione, ecc. La valutazione non è più un momento separato dall'insegnamento, ma viene ad essere un altro aspetto dell'attività complessa di costruzione di sapere.

L'insegnante che adotta un modo nuovo di lavorare, che gli studenti trovano gratificante e motivante pur essendo impegnativo, ha spesso difficoltà con i colleghi sia della propria disciplina sia di discipline affini. Inutile dire che le novità spaventano e che è del tutto legittimo non innovare se non si è convinti della necessità di farlo. Tuttavia, un insegnante che

adotti un modo di lavorare nuovo e che intenda i contenuti in modo non tradizionale non può più essere considerato oggi un illuso, un sognatore o, comunque, uno fuori dalla norma, anche se la sua azione rischia di mettere in moto meccanismi conflittuali non facilmente controllabile. Il processo di riforma ormai avviato conta sull'innovazione responsabile ed efficace e l'autonomia scolastica mette alla prova le responsabilità, le competenze, le disponibilità e le aperture di ciascuno.

#### 9 - PERCHÉ SI PUÒ RITENERE EFFICACE LA NUOVA STRATEGIA

Nel corso dell'ultimo anno scolastico, si è presentata l'opportunità di un'esperienza interessante in occasione dell'insegnamento delle leggi dei gas in una classe terza ITI, specialità chimici. Seguendo l'approccio tradizionale, si sono insegnate agli allievi tutte le leggi classiche dei gas, compresa la dissociazione termica, la legge di Dalton, la costante di equilibrio di sistemi gassosi. Gli studenti hanno imparato bene tutte le relazioni matematiche ed erano in grado di svolgere gli esercizi proposti, a volte anche complicati. Alla fine, l'insegnante ha chiesto che cosa ci fosse, a loro parere, tra particella e particella di gas e le risposte sono state più o meno uguali a quelle che forniscono gli allievi di una classe prima. Non erano in grado di interpretare a livello microscopico, ossia usando il modello particellare della materia, la compressione né altri fenomeni ai quali però erano in grado

di applicare le leggi formali, le relazioni matematiche tra variabili.

A questo punto viene spontaneo chiedersi: con l'approccio costruttivista, gli allievi imparano meno o imparano meglio? Il tempo dedicato a costruire alcuni concetti fondamentali per la conoscenza ma che, nella struttura della disciplina, sono ritenuti banali, può essere considerato "tempo perso"? Si ha la netta impressione che, con il nuovo approccio, gli alunni arrivino a costruire un sapere operativo, mentre con l'insegnamento tradizionale si limitano ad un sapere mnemonico con il quale non sono in grado di affrontare problemi. Al contrario, quasi tutti gli allievi con i quali è stato sperimentato l'approccio costruttivista sono sicuramente in grado di affrontare e risolvere situazioni problematiche relative agli stati fisici della materia ed ai cambiamenti di stato. Non solo! Si è notato che, nel trattare argomenti del programma di chimica del biennio come le reazioni chimiche, la mole, i legami ecc. dopo aver dato agli studenti l'opportunità di costruirsi il modello particellare, questi non incontrano più le difficoltà che, nell'approccio tradizionale, ritardavano l'apprendimento. In questo modo, si recupera gran parte del tempo che inizialmente sembrava di "perdere". La strategia pedagogica adottata permette agli allievi di costruire un'impostazione mentale che li aiuta ad affrontare e risolvere problemi, e non soltanto di natura chimica. Inoltre, la costruzione di un sapere condiviso attraverso la discussione di gruppo risulta importantissima per la

formazione di persone capaci di dialogare con altri soggetti sul posto di lavoro o fuori di questo, nel più vasto ambito dei rapporti sociali; coscienti di usare strumenti mentali non estemporanei, rigorosi e, contemporaneamente, non dogmatici e quindi intrinsecamente "democratici".

#### Ringraziamenti

Paola Bosco intende esprimere un ringraziamento particolare ai colleghi Iolanda Filippi e Marino Cofler. A Iolanda per l'aiuto ricevuto nell'impostare il lavoro nelle classi e nel condurlo a buon fine, a Marino per i consigli e le critiche durante la redazione dell'articolo e per il sostegno offerto alla convinzione che sapere e apprendimento non si costruiscono senza relazioni significative e coinvolgimento di anime.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] E. Roletto, Epistemologia e formazione degli insegnanti: punti di vista degli insegnanti sulla scienza. *Scuola e Città*, 1998 (n.5-6), 234-248.
- [2] K. R. Popper, Tutta la vita è risolvere problemi. 1996 (trad. ital.), Rusconi, Milano, p.25.
- [3] AA.VV. Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences. 1992, INRP, Parigi.
- [4] E. Roletto, P. G. Albertazzi, A. Regis, Le attività di modellizzazione nell'educazione alle scienze. Parte I: *CnS (La Chimica nella Scuola)*, 1996 (n.1), 14 -18. Parte II: *CnS (La Chimica nella Scuola)*, 1996 (n.2), 37- 47.

Gli interessati possono rivolgersi a E. Roletto - Dip. Di Chimica Analitica. Via P. Giuria, 5 10125 TORINO

Libri in redazione



16 John Emsley, "Prodotti chimici Guida per il consumatore". Prima edizione italiana, ottobre 2000. 1 vol. di pp. 254, Zanichelli Ed. s.p.a. £ 34.000 • 17,56

CnS - La Chimica nella Scuola



#### ATTI

"Insegnanti di qualità i percorsi di formazione"- Giornate di studio sulla formazione scientifica nelle scuole secondarie. Trieste 1999. 1 vol. di pp 301, Edizioni Università di Trieste. Piazza Europa, 1- Trieste. £ 30.000 • 15,46

Libri in redazione



F.W. Fifield, D. Kealey; "CHIMICA ANALITICA teoria e pratica". Prima edizione italiana, giugno 1999. 1 vol di pp. XII + 427, Zanichelli Ed. s.p.a. £ 70.500 • 36,41

Gennaio - Febbraio 2001



## Una intervista con **RICHARD M. FELDER**

### INTRODUZIONE

*Perchè non incominciamo con una breve biografia?*

Certamente. Sono nato a New York City nel 1939, dove ho vissuto per sette anni e poi per altri sei a Buffalo, New York, e ho frequentato le scuole superiori in Florida. A quel tempo, la maggior parte degli studenti, anche se privi di abilità in matematica e nelle scienze, si iscrivevano a ingegneria; è quello che ho fatto anch'io. Non avevo motivo per preferire un corso di laurea ad un altro poiché non conoscevo i contenuti dei corsi. Mi ha sempre entusiasmato l'idea di mescolare due liquidi e vedere la soluzione per magia colorarsi di verde; così nel 1957 mi sono iscritto al City College di New York per una laurea in ingegneria chimica. Fu una scelta felice — allora non sapevo ma ora so che una preparazione in ingegneria chimica permette di fare quasi tutto. Nel 1962 mi sono laureato al City College; mi sono iscritto all'università di Princeton dove nel 1966 ho conseguito il Ph.D. in ingegneria chimica, presentando una dissertazione sulla distribuzione di energia in atomi ad alta energia rallentati da un mezzo gassoso. L'anno successivo ho ottenuto una borsa NATO presso l'Atomic Energy Research Establishment in Inghilterra e altri due anni li ho passati come ingegnere ricercatore al Brookhaven National Laboratory ed infine ho avuto un posto presso la North Carolina State University (NCSU). Da allora sono rimasto sempre in quella università, dove sono stato nominato Hoechst Celanese Professore di Ingegneria Chimica<sup>(1)</sup>. Nel 1999 mi sono messo in pensione ed ora passo il mio tem-

---

LIBERATO CARDELLINI<sup>(\*)</sup>

---

po insegnando in workshops sull'insegnamento efficace a professori, a studenti laureati e occasionalmente in un corso, e giocando con i miei nipoti.

*Sei molto conosciuto per il tuo testo introduttivo di ingegneria chimica e per le tue pubblicazioni e workshops sull'insegnamento efficace. In genere i professori di ingegneria enfatizzano la ricerca per la carriera, mentre l'insegnamento viene considerato un impegno secondario. La didattica è sempre stata il tuo impegno principale?*

No. Nella prima metà della mia carriera alla NCSU ero molto convenzionale. Ho dedicato il mio tempo e molta energia alla ricerca; mi sono occupato principalmente di modellistica matematica dei processi chimici ed ambientali e nel tempo che mi restava ho insegnato. Ho sempre amato l'insegnamento che mi ha dato grandi soddisfazioni personali, ma per la carriera era certamente meno importante della ricerca. Ho ottenuto un posto di ruolo e la promozione a professore associato dopo quattro anni e dopo altri cinque a professore ordinario per i risultati delle mie ricerche; che insegnassi bene o male è stato irrilevante per la mia carriera.

Dopo circa 15 anni di insegnamento mi sono reso conto che qualcosa nei miei corsi universitari era sbagliato e lo era sin dall'inizio. Nelle lezioni trattavo in modo completo l'argomento, riportavo molti esempi e illustravo i metodi che presentavo, ma quando il giorno successivo facevo delle domande sulla lezione del giorno precedente, il più degli studenti sembrava non ricordare nulla di quanto avevo

detto e spesso agli esami molti studenti andavano molto male. Sapevo che erano tutti intelligenti — devi esserlo per iscriverti in ingegneria chimica alla NCSU — e ho cominciato a chiedermi quale fosse il problema. Nessuno mi aveva mai insegnato come insegnare — il fatto bizzarro è che questo aspetto non viene considerato nella preparazione dei futuri insegnanti. Così ho voluto imparare qualcosa su quanto facevo per guadagnarmi da vivere. Ed è allora che il cambiamento nella mia carriera è cominciato.

*Che cosa hai fatto?*

Ho cominciato a studiare pedagogia e psicologia cognitiva per rendermi conto se potevo migliorare come insegnante ed ho scoperto che era possibile. Il punto principale fu la scoperta che la gente apprende, ritiene la conoscenza e sviluppa le abilità soltanto in un modo — facendo le cose e ottenendo risposte dai risultati, non guardando ed ascoltando qualcun altro che dice loro ciò che dovrebbero sapere. Quando mi impegnavo a preparare le lezioni ed a rispondere alle domande che mi sorgevano, *io* imparavo il materiale ad un livello molto più profondo di quanto non conoscessi già, ma gli studenti imparavano molto poco. Coloro che riuscivano ad imparare, era perché andavano a casa e lavoravano da soli sul materiale assegnato. Per la maggioranza degli studenti, la frequenza alle lezioni era inutile; avrebbero avuto lo stesso beneficio se avessero avuto a disposizione i miei appunti.

Una volta che mi sono reso conto di ciò, ho cominciato a cambiare la maniera con cui insegnavo, coinvolgendo gli studenti molto più attivamente nel processo di apprendimento sia dentro che fuori dall'aula e più tardi ho cominciato a divulgare ai miei colleghi ciò che avevo scoperto sull'in-

---

<sup>(\*)</sup> Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Facoltà di Ingegneria dell'Università, Via Breccie Bianche - 60131 Ancona.

E-mail: [libero@popcsi.unian.it](mailto:libero@popcsi.unian.it)

segnamento e sull'apprendimento attraverso articoli e workshops. Ho trovato che questo nuovo lavoro mi dava più soddisfazioni ed era più divertente della ricerca sul trasferimento di massa e sull'ottimizzazione dei processi discontinui, così nei 15 anni successivi ho gradualmente diminuito la mia partecipazione nella ricerca tecnica ed ho fatto della ricerca didattica il mio interesse principale.

### *Quali sono le strategie didattiche principali che suggerisci nei tuoi articoli e nei workshops?*

Prima lasciami precisare che "insegnare" può significare due cose completamente differenti. In primo luogo può significare semplicemente presentare le informazioni, di modo che se parlo su qualcosa posso dire che l'ho insegnata, indipendentemente dal fatto che qualcun altro l'abbia imparata o meno. Il secondo significato di insegnamento è "aiutare qualcuno ad imparare". In accordo con questo significato — che a me sembra più appropriato — se insegno qualcosa e gli studenti non la imparano, non ho insegnato nulla. Di solito, noi insegnanti implicitamente accettiamo il primo significato. Scrivi un programma elencando gli argomenti che vuoi trattare, presenti gli argomenti in classe e ritiri lo stipendio. Non importa quanto gli studenti imparano — se finisci il programma, hai fatto il tuo lavoro.

Il metodo che provo a seguire è talvolta chiamato *istruzione basata sui risultati*. Piuttosto che scrivere un programma per un corso, definisco in modo dettagliato per quanto possibile le conoscenze, le abilità e gli atteggiamenti mentali che desidero gli studenti acquistino una volta giunti alla fine del corso. Allora, quando insegno, provo a presentare e spiegare la conoscenza specificata, a fornire la pratica e le risposte per conseguire le abilità specificate e ad offrire consigli e modelli per gli atteggiamenti. Se non imparano ciò che ho stabilito essi dovrebbero sapere, anche se porto a termine il programma, ho fallito.

Le strategie principali che uso nel seguire questo metodo sono: primo, scrivere gli obiettivi didattici ed usarli per strutturare i corsi che insegno; in secondo luogo, soddisfare la gamma completa degli stili di apprendimento degli studenti; e terzo, usare

l'apprendimento attivo e cooperativo.

### **OBIETTIVI DIDATTICI**

#### *Che cosa sono gli obiettivi didattici?*

Sono azioni specifiche che gli studenti dovrebbero essere in grado di fare se hanno imparato qualcosa. Un obiettivo didattico ha due parti: un *gambo*, che dichiara quando gli studenti dovrebbero poter effettuare un'azione specificata, seguito dall'azione. Gambi tipici sono "quando tu (o "gli studenti") hai finito il capitolo 6 del testo, tu (essi) dovresti essere capace di ..." o "per fare bene all'esame della settimana prossima, dovresti essere capace di ...". La frase che segue il gambo deve cominciare con un verbo che esprime un'azione osservabile, come ad esempio: *elenca, spiega, calcola, dimostra, deriva, progetta, o ottimizza*, e dovrebbe essere una richiesta esplicita di che cosa ci si aspetta che lo studente sia in grado di fare. I verbi tipo: *conoscere, imparare, capire* ed *apprezzare* non dovrebbero essere usati — queste azioni non possono essere osservate direttamente. Per esempio:

Per poter superare la prossima prova, dovrete essere in grado di **elenca** i componenti di una dichiarazione di impatto ambientale e **spiegare** ogni componente in termini che anche i vostri nonni possano capire.

Alla fine di questo corso, dato il diagramma di flusso di un impianto di produzione relativo ad un processo chimico, dovrete essere in grado di **identificare** potenziali sostanze inquinanti pericolose, **progettare** un sistema per ridurre il livello di emissione di una di esse, **calcolare** il previsto livello di emissione se il sistema progettato fosse realizzato, e **identificare** possibili difetti nel sistema.

#### *Perché non richiedi le cose che vuoi che gli studenti conoscano e capiscano? Non sono questi i tuoi veri obiettivi?*

Certamente, ma non sono direttamente osservabili — è possibile stabilire quello che gli studenti sanno e capiscono soltanto osservando come essi fanno qualcosa che dimostri la loro conoscenza o comprensione. Per

esempio, potresti dirmi che il tuo obiettivo sia che gli studenti capiscano l'equazione di stato dei gas ideali. Allora chiederei, "come sai se essi la capiscono oppure no?" E mi potresti rispondere: "darei loro parecchi valori di temperatura e pressione di un gas ideale e chiederei loro di **calcolare** i corrispondenti volumi specifici" o "specificherei i valori di *P* e *T* e chiederei loro di **stimare** l'errore che commetterebbero se usassero l'equazione di stato dei gas ideali per calcolare *V*" oppure "chiederei loro di **derivare** l'equazione di stato dei gas ideali dalla teoria cinetica dei gas". Allora direi: "Benissimo — *questi* sono i tuoi obiettivi didattici".

Una ragione per scrivere gli obiettivi didattici è di dare agli studenti dei riferimenti certi verso i quali possano verificare la loro preparazione. Se diciamo loro che desideriamo che capiscano una certa cosa, essi non possono sapere se la capiscono oppure no, a meno che non li informiamo su come ci aspettiamo da essi la dimostrazione della loro comprensione. Più espliciti si è nella definizione degli obiettivi per gli studenti — particolarmente quelli che richiedono livelli elevati di ragionamento critico e creativo — più probabile sarà che gli studenti li raggiungano.

#### *Gli studenti non si spaventano dalla lunga lista di cose che ci aspettiamo che facciano?*

Sicuro. Se il primo giorno diamo loro una lista enorme di obiettivi per l'intero corso, la maggior parte di essi la ignorerà. I miei maggiori successi li ho avuti quando ho distribuito loro i miei obiettivi sotto forma di una guida di studio per le prove. Gli studenti desiderano fare bene alle prove — infatti, questa è la motivazione più forte che li spinge a studiare. Quando dico loro che cosa mi aspetto che siano in grado di fare per superare una prova, la maggior parte degli studenti cercherà di imparare come fare bene qualunque cosa contenuta nella lista.

#### *Dicendo loro i tuoi obiettivi, non è che rendi troppo facile la prova agli studenti?*

Per niente. Non fornisco loro le domande esatte, ma piuttosto una lista completa dei tipi di domande che *potrebbero* essere incluse. Se è facile

per loro la padronanza di tutto ciò che è compreso sulla lista, significa che non ho incluso abbastanza obiettivi di alto livello. Mi assicuro sempre che la lista includa alcune cose che normalmente soltanto gli studenti migliori del corso sono in grado di fare — spiegare fenomeni complessi senza utilizzare termini del gergo, per esempio, o identificare le sorgenti possibili di discrepanze fra il comportamento previsto del sistema e quello osservato, o scegliere fra sistemi alternativi o tra diversi progetti sperimentali e giustificare le loro scelte. Se baso le prove di esame sugli obiettivi didattici e gli studenti possono fare tutto ciò che mi aspettavo fossero capaci di fare, significa che hanno imparato ciò che desideravo imparassero e meritano un voto alto. Viceversa, se non hanno studiato e non dimostrano le capacità che gli obiettivi richiedono, in nessun caso avranno un voto soddisfacente, sia che abbiano o no la lista prima della prova.

Ci sono professori che amano fare delle sorprese nelle prove di esame, come dare da risolvere tipi di problemi differenti da quelli presentati agli studenti durante il corso. La loro giustificazione è che gli ingegneri e gli scienziati devono imparare a risolvere i problemi non familiari, ma questo argomento non ha senso per me. Nessun ingegnere o scienziato accetta di risolvere in due ore un problema nuovo e non banale senza consultare la letteratura o qualche collega esperto nel settore. Molti splendidi scienziati e ingegneri non sono particolarmente bravi a risolvere rapidamente un rompicapo. Desidero che le prove riflettano la conoscenza e le abilità che gli studenti si suppone abbiano acquisito dopo aver frequentato il mio corso; ovvero, quanto saranno capaci di fare bene il mestiere di scienziato o di ingegnere. Di conseguenza, non ci sono sorprese nei miei tests; ogni cosa è riportata negli obiettivi didattici che fornisco agli studenti in anticipo.

### *Come è possibile saperne di più su come scrivere gli obiettivi didattici?*

Per cominciare si può leggere un articolo che Rebecca Brent ed io abbiamo scritto per la rivista *College Teaching* [1]. C'è anche il libro di Gronlund [2], conciso e con molte informazioni.

## **STILI DI APPRENDIMENTO**

### *Tu tieni conto di tutta la gamma degli stili di apprendimento. Che cosa sono gli stili di apprendimento?*

Sono le maniere prevalenti utilizzate dagli studenti nell'acquisizione e nella elaborazione di nuove informazioni. Gli studenti reagiscono in modi differenti verso l'apprendimento. Alcuni preferiscono ed acquisiscono con facilità informazioni riferite ad oggetti concreti — fatti, osservazioni, dati sperimentali — e altri si trovano a proprio agio con i concetti astratti ed i modelli matematici. Alcuni acquisiscono e ritengono più facilmente informazioni visive (figure, schemi, immagini, diagrammi) che informazioni verbali (parole dette e scritte), ed altri invece preferiscono le spiegazioni scritte e parlate. Se nell'insegnamento utilizziamo un modo che è in forte conflitto con lo stile di apprendimento di qualche studente, è possibile per questo che questi studenti imparino molto poco. Purtroppo, lo stile di insegnamento della maggior parte dei professori di ingegneria e scienze non si adatta allo stile di apprendimento della maggior parte dei loro studenti.

### *Per esempio?*

Una dissonanza comune è che la maggior parte degli studenti preferisce l'apprendimento visivo mentre il modo in cui presentiamo le informazioni nella maggior parte dei corsi universitari è prevalentemente verbale. Usiamo parole quando spieghiamo; parole e formule matematiche alla lavagna e sui lucidi; lo stesso accade con i libri di testo. Un altro problema è che molti studenti apprendono soprattutto in modo attivo, e guadagnano una comprensione più profonda quando fanno qualcosa di fisico — problem-solving, discutere le idee, persino muoversi un momento dal posto — invece la maggior parte dell'insegnamento universitario viene svolto attraverso la lezione (il laboratorio è una eccezione). Per i tipi attivi, sedere passivamente un'ora dopo un'altra a guardare i professori che parlano è sprecare tempo — non stanno imparando nulla; il profitto sarebbe lo stesso se copiassero gli appunti di un compagno di corso. Forse il conflitto più serio nei corsi di scienze e di ingegneria sorge per il fatto che molti studenti sono

*sensors*(2) nello stile di apprendimento: preferiscono lavorare con fatti e con oggetti reali e si sentono a disagio se non possono vedere i collegamenti tra ciò che viene detto a lezione e il “mondo reale”, e tendono a lavorare lentamente e meticolosamente, prestando attenzione ai particolari e controllando frequentemente i concetti che vengono presentati. Purtroppo per loro, la maggioranza dei professori di ingegneria e di scienze insegnano in un modo che ostacola questi studenti mentre facilita i tipi *intuitivi*, che sono a loro agio con materiale teorico ed astratto e tendono ad elaborare rapidamente (anche se non necessariamente con attenzione) i concetti.

Partiamo col primo anno di università immergendo gli studenti nei “fondamenti” — tecniche matematiche, principi della scienza, teorie molecolari e via dicendo — e li facciamo aspettare degli anni prima di mostrare le applicazioni di queste astrazioni. Tendiamo a dare prove così lunghe che spesso soltanto gli studenti che lavorano più velocemente possono finire. I tipi *sensors*, attenti e metodici, che capiscono molto bene la prova e sarebbero eccellenti come ingegneri e come scienziati, possono per mancanza di tempo fallire e persino abbandonare il corso!

### *Gli studenti ai quali viene insegnato in un modo che è in totale conflitto con il proprio stile di apprendimento probabilmente troveranno poco piacevole frequentare le lezioni!*

Hai ragione. Si sentono come se l'istruttore usasse una lingua straniera che non capiscono — probabilmente presto si annoieranno, smetteranno di prestare attenzione in classe o addirittura smetteranno di frequentare, andranno male nelle prove e si scoraggeranno. La ricerca indica che gli studenti a cui viene insegnato in questo modo non imparano come gli studenti a cui viene insegnato secondo il loro stile preferito e ritengono meno ciò che imparano [3]; questo non sorprende.

### *Forse è difficile per un professore individuare gli stili di apprendimento degli studenti e insegnare a ciascuno secondo il proprio stile ...*

La prima parte non è difficile, ma la

seconda parte è impossibile. Esistono diversi strumenti per valutare le preferenze degli stili di apprendimento [3], incluso quello che sto sviluppando, chiamato *l'Indice degli Stili di Apprendimento* che può essere completato e viene valutato on-line [4]. Quello che non si può fare è attuare simultaneamente tutti gli stili di insegnamento che rispondano agli stili dei nostri studenti. Fortunatamente, non è necessario insegnare ai nostri studenti soltanto nel modo da essi preferito: anche se potessimo farlo, non sarebbe una buona idea.

### *Perché?*

Per riuscire come professionisti è necessario operare efficacemente in tutte le categorie degli stili di apprendimento, non solo in quelli preferiti. Evidentemente, gli ingegneri e gli scienziati devono occuparsi sia delle informazioni visive che di quelle verbali. Inoltre, devono lavorare bene sia nel modo dei sensors — essendo osservatori attenti, metodici, disposti a ripetere gli esperimenti e calcoli per essere sicuri dei risultati — che degli intuitivi, nell'interpretare i risultati e speculare su che cosa potrebbero implicare. Gli stessi argomenti si possono ripetere per ogni dimensione di ciascun modello degli stili di apprendimento.

D'altra parte, se si insegna agli studenti soltanto nel loro stile preferito, svilupperanno le loro abilità in quello stile, ma non faranno pratica negli altri stili: alcuni potrebbero laurearsi senza aver conseguito tutte le abilità necessarie per riuscire come professionisti. In breve, quando insegniamo in un modo che favorisce fortemente un tipo di studente o un altro — è ciò che avviene nella lezione tradizionale — facciamo un danno a *tutti* gli studenti.

### *Che cosa dobbiamo fare?*

La risposta è *equilibrio* — fare attenzione a tener conto di entrambe le parti della dimensione di ogni stile piuttosto che favorire sempre una parte a scapito dell'altra. Nella maggior parte dei corsi di laurea di ingegneria e scienze, migliorare il bilanciamento significa aumentare il contenuto visivo, porre un'enfasi maggiore sui fenomeni osservabili e sui dati sperimentali e meno enfasi su

teorie e modelli matematici, fornendo più occasioni in classe per attività degli studenti piuttosto che guardare ed ascoltare noi per tutto il tempo.

### *Così non è necessario conoscere gli stili di apprendimento preferiti dagli studenti - devo solo assicurarmi di insegnare secondo ogni stile almeno per parte del tempo?*

Esattamente!

### *Non sarebbe utile che gli studenti conoscessero i loro stili di apprendimento?*

Sì, ma si deve fare attenzione. Le preferenze di stile danno degli indizi utili sul modo in cui gli studenti funzionano e sulle cose che potrebbero fare per imparare in modo più efficace, ma non dicono niente circa i settori che gli studenti dovrebbero o non dovrebbero perseguire o dove potrebbero riuscire oppure no. Il fatto che si preferisca una categoria di stile non implica nulla circa la riuscita in quella categoria o il suo opposto. Per esempio, uno studente con una preferenza forte per la presentazione visiva può essere eccellente, medio, o scarso nella comprensione di informazioni verbali — o nelle stesse informazioni visive. Uno studente che dicesse "sono un tipo sensor e non riesco in matematica, perciò è meglio che non provi a laurearmi in fisica" sbaglia la lettura della valutazione degli stili di apprendimento, mentre un professore che desse agli studenti consigli simili farebbe un errore serio e potenzialmente dannoso.

### **APPRENDIMENTO ATTIVO**

#### *Cambiamo argomento: che cosa significa apprendimento attivo?*

E' un tipo di istruzione nel quale gli studenti, oltre che guardare ed ascoltare il professore, sono coinvolti in prima persona in attività che riguardano il corso. L'idea che ci sta dietro è che la gente acquista le abilità con la pratica e gli aggiustamenti, e non tramite l'osservazione passiva: in questo modo, più pratica si fa, migliori sono le probabilità di diventare bravo.

#### *Non stai forse parlando del lavoro che lo studente fa a casa?*

Anche. Il lavoro che lo studente fa fuori dell'aula può essere tecnicamente classificato come apprendimento attivo, ma il termine solitamente si riferisce a esercizi dati in aula e che gli studenti fanno individualmente o in piccoli gruppi e ai quali viene fornita una valutazione immediata e gli aggiustamenti eventuali. Gli esercizi possono consistere nel rispondere a delle domande, risolvere brevi problemi, valutare delle situazioni, o formulare delle domande.

Abbiamo gli studenti con noi in aula per 30 - 40 ore in un semestre; perché non tentare di fare apprendere ad essi qualcosa in modo significativo in aggiunta a quanto avviene nel lavoro fuori dell'aula?

#### *L'apprendimento attivo si può utilizzare anche con molti studenti in aula? Se sì, come?*

Si può utilizzare con molti studenti in un'aula con sedie fisse come con pochi studenti e con sedie mobili. Più volte durante il periodo di lezione, si pone una domanda o si propone un breve problema, e si chiede agli studenti vicini di risolverlo in coppia, se c'è da scrivere si assegna a caso il compito a uno dei due (lo studente a destra del gruppo, lo studente con il compleanno più vicino, ...) e si concede da 30 secondi a tre minuti per arrivare ad una risposta o alla soluzione. Allora si chiamano a caso degli studenti per fornire la risposta o illustrare la soluzione e magari si discute collettivamente sui passaggi, oppure, si continua a chiamare altri studenti fino ad ottenere risposte soddisfacenti. Poi si procede con la lezione o con quanto si desidera fare a quel punto.

Ho usato questa tecnica con gruppi di 400 persone e funziona egregiamente: tuttavia si deve utilizzare più volte con gli studenti che sono nuovi a questa esperienza prima di ottenere i risultati che si vogliono ottenere. E' necessario mantenere queste attività brevi e, soprattutto all'inizio, chiamare alcuni studenti a dare la risposta, piuttosto che accettare i volontari.

#### *Perché questi suggerimenti sono così importanti?*

Poiché se l'attività richiede più di tre minuti, alcuni gruppi finiranno prima,



e si annoieranno mentre altri gruppi saranno sotto pressione per lunghi periodi di tempo in attività poco produttive e si sentiranno frustrati. Se si desidera che gli studenti risolvano un problema più impegnativo, allora lo si spezza in più parti. Se gli studenti sanno che chiunque nella classe può essere chiamato, la maggior parte si sentirà motivata a lavorare anche per non sentirsi in imbarazzo se verranno chiamati. Se si accettano dei volontari, molti studenti non si preoccupano di lavorare all'esercitazione, sapendo che qualcun'altro alla fine fornirà la risposta. Incidentalmente, tendo a chiamare più spesso gli studenti in fondo all'aula, dove solitamente gli studenti cercano di nascondersi. Imparano rapidamente che possono scappare ma non possono nascondersi.

*Ho provato il metodo attivo e ho notato che comunque alcuni studenti si rifiutano di lavorare nei gruppi in classe. Che cosa posso fare per loro?*

E se non facessi nulla? Conosco professori che sono realmente dispiaciuti quando vedono i loro studenti non partecipare ed alcuni concludono che il metodo non sta funzionando: ma così si valuta in modo errato la situazione. Supponiamo che stai facendo un'esercitazione attiva e il 10% degli studenti del corso non stanno partecipando (mai è così alto nei miei corsi dopo la prima settimana; ma ammettiamo che sia così). Questo significa che il 90% degli studenti è attivamente impegnato nel pensare a ciò che hai loro assegnato. In qualsiasi momento durante la normale lezione, che percentuale di studenti pensi stia attivamente seguendo e pensando a cosa tu desideri essi pensino? Dieci per cento, al massimo!

Nessun metodo didattico garantisce la riuscita a tutti gli studenti; il massimo che possiamo fare è cercare di elevare la percentuale degli studenti coinvolti. La partecipazione attiva del 90% è molto meglio del 10% e così uso l'apprendimento attivo in ogni lezione, anche se soltanto per cinque minuti in una lezione di un'ora. Quei cinque minuti sono probabilmente il tempo dove avviene la maggior parte dell'apprendimento durante la lezione. Per quanto riguarda gli studenti che rifiutano di partecipare, non de-

moralizzarti. Alla fine sono loro che ci perdono, non tu.

### **APPRENDIMENTO COOPERATIVO** *Parliamo dell'apprendimento cooperativo: che cos'è?*

È un metodo di apprendimento in collaborazione; un metodo di istruzione che fa partecipare gli studenti che lavorano in gruppi. Nell'apprendimento cooperativo, le attività dei gruppi sono strutturate per rispondere a cinque criteri di verifica: *interdipendenza positiva* (se tutti i membri del gruppo non fanno la loro parte, ciascuno nel gruppo viene penalizzato), *responsabilità individuale* (ogni membro del gruppo è ritenuto responsabile di tutto il compito assegnato al gruppo, non solamente della parte che lui o lei doveva svolgere), *interazione faccia a faccia, uso appropriato delle abilità necessarie per lavorare efficacemente in gruppo* e infine, *auto-valutazione periodica del funzionamento del gruppo*.

*Ci sono insegnanti perplessi perché con questo metodo alcuni studenti non lavorano per la loro parte ed ottengono comunque buoni voti e in certi gruppi uno studente fa il lavoro di tutti e gli altri non imparano niente. Cosa puoi dire ai professori che fanno queste esperienze?*

In primo luogo chiedo loro come hanno strutturato le attività dei gruppi, e alla fine risulta quasi sempre che non stanno realmente utilizzando l'apprendimento cooperativo. C'è poca o è assente l'interdipendenza positiva o la responsabilità individuale e non si sono aiutati gli studenti ad acquistare le abilità necessarie per lavorare in gruppo efficacemente (per esempio: comunicazione, gestione del tempo e risoluzione dei conflitti). Gli studenti che lavorano in queste condizioni non impareranno in proporzione all'impegno e al tempo speso; alla fine il rancore di qualche studente sarà inevitabile e probabilmente giustificato.

*Come si ottiene la responsabilità individuale?*

La maniera più ovvia e comune è di dare delle prove individuali o dei problemi da risolvere individualmente sugli argomenti che i gruppi avreb-

bero dovuto imparare. In un corso di laboratorio, invece di basare il voto completamente sulle relazioni (fatte in gruppo) si potrebbero dare delle prove individuali sull'esperimento nel complesso, compreso il progetto sperimentale, la calibratura ed il funzionamento dell'apparecchiatura, l'analisi statistica dei dati e l'interpretazione teorica dei risultati. Si può fare la stessa cosa in tutti i corsi basati su un progetto, come il progetto finale in un curriculum di ingegneria — verificare gli studenti individualmente sulla progettazione delle attrezzature, sulle disposizioni di controllo e di strumentazione, sull'analisi economica e sulle altre componenti della relazione finale. Gli studenti che non sono stati pienamente coinvolti nel progetto certamente non faranno bene queste prove; ciò si ripercuoterà sulla loro valutazione.

*Ci sono altri modi?*

Moltissimi. Per esempio, quando i gruppi fanno una relazione orale su un progetto, normalmente scelgono il membro migliore e più brillante per fare la comunicazione, o ciascun componente del gruppo presenta la parte del progetto dove principalmente ha lavorato, che può essere l'unica parte che realmente conosce. Ciò che noi docenti dobbiamo fare è complicare un po' la loro vita. Quando assegnate il progetto, dite loro che poco prima della presentazione — un giorno, un'ora, cinque minuti — indicherete a caso quale membro del gruppo presenterà una certa parte del rapporto; e quando verrà il momento, fatelo. In questo modo si stimola la responsabilità individuale e l'interdipendenza positiva. Se faccio parte di un gruppo, il mio voto dipende anche da come qualcun'altro comunica la mia parte del progetto, quindi farò tutto il possibile per istruire i miei colleghi sulla mia parte del progetto e gli altri faranno lo stesso con le loro parti. Poiché impariamo meglio ciò che insegnamo ad altri (come ogni insegnante sa), il risultato sarà che ciascuno imparerà ad un livello più profondo. Altri modi per ottenere la responsabilità individuale sono suggeriti nei riferimenti sull'apprendimento cooperativo [5-8].

*Come sappiamo che l'apprendimento cooperativo funziona?* **21**



La ricerca — centinaia di studi sia in laboratorio che nell'ambiente naturale dell'aula lo dimostrano. Alcuni ricercatori dell'Università del Wisconsin recentemente hanno svolto una meta-analisi sulle ricerche riguardanti l'apprendimento cooperativo nelle scienze, nella matematica, nell'ingegneria e nelle discipline tecnologiche [9]. Hanno valutato i risultati di 39 studi rigorosi condotti su una base comune ed hanno mostrato che l'apprendimento cooperativo migliora le prestazioni accademiche in modo significativo, abbassa il tasso di abbandono ed aumenta la sicurezza degli studenti. Molti altri studi confermano queste conclusioni [5, 6].

*Dei professori che hanno usato il metodo cooperativo riportano le lamentele dei loro studenti per il lavoro di gruppo. Veramente gli studenti sono contrari?*

Dipende da quali studenti si parla. Diversi l'accettano sin dall'inizio, alcuni sono neutri o sospettosi all'inizio e gradualmente incominciano a vederne i benefici, e pochi studenti mostrano resistenza fino in fondo. Istruttori che non si aspettano questa resistenza e non sanno come rispondere, possono facilmente scoraggiarsi e tornare alla lezione usuale, che può annoiare gli studenti ma generalmente non produce ostilità.

*Questa resistenza è un argomento contro l'uso del metodo cooperativo?*

Per niente. Se l'istruttore segue determinate procedure [10] quando utilizza il metodo, la resistenza è limitata di solito ad una piccola percentuale di studenti e scompare dopo alcune settimane. Il problema è che gli istruttori sentono generalmente le lamentele degli studenti scontenti ma non la voce di quelli, in numero molto più grande, che stanno facendo benissimo e si potrebbe erroneamente ritenere che il metodo stia fallendo. Suggesto sempre di chiedere a tutti gli studenti, dopo il primo mese, come le cose stiano andando. Risulta solitamente che la maggioranza degli studenti non ha problemi con questo tipo di insegnamento e anzi, molti sono realmente soddisfatti, trovandolo sia più istruttivo che più coinvolgente del guardare e dell'ascoltare per ore

le solite lezioni.

**IL RUOLO DELLA TECNOLOGIA**  
*Un argomento finale. Quale ruolo immagini possa avere la tecnologia nella formazione del futuro?*

E' difficile predire esattamente che ruolo svolgerà, ma certamente cambierà quasi tutto. A partire dagli anni 60, il computer veniva usato come una calcolatrice e come macchina da scrivere. Negli ultimi dieci anni lo abbiamo usato anche come dispositivo di comunicazione (email e listservers per la classe) e come proiettore (tabelle, immagini, video/audio clips e diapositive sotto PowerPoint) e più recentemente abbiamo cominciato ad usarli per cose come la somministrazione e la valutazione di prove di esame. Il World Wide Web si è trasformato in uno strumento standard per la ricerca e gli studenti stanno diventando sempre più specializzati nel suo uso. Tuttavia, questo è solo l'inizio [11]. Vengono prodotti sempre più libri di testo con software didattico che fa quasi tutto ciò che un istruttore fa nelle lezioni — presenta informazioni, pone domande o propone problemi e fornisce delle risposte positive o correttive immediate alle risposte dello studente. Questi corsi al computer fanno anche cose che noi professori non possiamo fare. Con una semplice pressione del mouse, gli studenti possono interrompere una lezione per ottenere spiegazioni dettagliate dei termini e dei concetti, avere sullo schermo diagrammi, animazioni o films, osservare le proprietà fisiche, risolvere equazioni differenziali, e ritornare poi a dove avevano interrotto la lezione e continuare. Possono accedere al Web, attivare un motore di ricerca e trovare praticamente tutto sull'argomento che interessa da enciclopedie, pubblicazioni, rapporti di ricerca e perfino da discussioni di esperti. Possono richiamare simulazioni di sistemi fisici, chimici, o biologici ed esplorare in modo attivo gli effetti dei cambiamenti dei parametri sul comportamento del sistema, sperimentando in concreto il funzionamento del sistema; tutto questo non si può avere ascoltando una lezione. Possono persino lavorare in gruppi cooperativi virtuali usando l'e-mail ed entro alcuni anni avranno facile accesso alla videoconferenza. Significativamente, gli studenti pos-

sono avere queste esperienze ogni volta e nel luogo essi desiderano; non devono recarsi all'università dalle 9 alle 10 del lunedì mattina ma possono essere dovunque nel mondo e in qualunque momento del giorno o della notte. Alcune istituzioni che si sono specializzate nella formazione a distanza riconoscono il potenziale della tecnologia nella didattica e stanno cominciando ad offrirla in concorrenza con le università tradizionali. Paragoniamo tutto questo a qualcuno che scrive formule o grafici alla lavagna e chiediamoci quale delle due forme favorisce maggiormente l'apprendimento. Lasciamo agli studenti decidere tra il venire a lezione all'università e il poter fare da soli, con i mezzi che ho prima descritto e proviamo ad indovinare che cosa sceglieranno.

*Vuoi dire che l'università tradizionale non avrà più la sua funzione?*

Potrebbe essere così e sarà così se le università non si adegueranno. Ma non sarà necessariamente così. Ci sono delle cose che gli istruttori veri faranno sempre meglio dei mezzi virtuali, come ispirare e motivare gli studenti ad imparare, promuovere un senso di comunità e mantenere la responsabilità individuale verso l'apprendimento, aiutarli a sviluppare valori professionali, sociali ed etici desiderabili. Le università tradizionali avranno un futuro se sosterranno e ricompenseranno i professori che insegnano con entusiasmo, responsabilità e competenza; insegnanti che gli studenti dopo anni o decenni ricordano ancora con affetto. Per il bene della prossima generazione di studenti, spero che molte università facciano parte di questa seconda categoria.

#### **Note del traduttore**

(1) Il titolo "Hoechst Celanese Professor" è un esempio di cattedra intestata. Un individuo o una compagnia (in questo caso, Hoechst Celanese Corporation) dona del denaro all'università per provvedere in tutto o in parte il salario ad un professore. E' un titolo onorifico: il professore ha il diritto di aggiungere il nome del donatore al suo titolo accademico.

(2) I termini "sensor" e "intuitor" provengono dalla teoria dei tipi psicologici di Carl G. Jung. Nel testo I. Briggs

Myers, *Myers-Briggs Type Indicator*, O. S. Organizzazioni Speciali: Firenze, 1991, p. 11, vengono utilizzati i termini “sensazione” e “intuizione”.

### Bibliografia

- [1] R. M. Felder, R. Brent, It's a Start, *College Teaching*, 1999, **47**, 14-17. Disponibile all'indirizzo: [http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Getting\\_started.html](http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Getting_started.html).
- [2] N. E. Gronlund, *How to Write and Use Instructional Objectives*, 6th ed., Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1999.
- [3] R. M. Felder, Matters of Style, *ASEE Prism*, 1996, **6**, 18-23. Disponibile all'indirizzo: <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-Prism.htm>.
- [4] R. M. Felder, Resources in Science and Engineering Education, disponibile all'indirizzo: [http://www2.ncsu.edu/effective\\_teaching/](http://www2.ncsu.edu/effective_teaching/).
- [5] D. W. Johnson, R. T. Johnson, K. A. Smith, *Active learning: Cooperation in the College Classroom*, 2nd ed., Interaction Book Co.: Edina, MN, 1998.
- [6] B. J. Millis, P. G. Cottell, Jr., *Cooperative Learning for Higher Education Faculty*, Oryx Press: Phoenix, AZ, 1998.
- [7] R. M. Felder, R. Brent, *Cooperative Learning in Technical Courses: Procedures, Pitfalls, and Payoffs*, ERIC Document Reproduction Service Report ED-377038, 1994. Disponibile all'indirizzo: <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Coopreport.html>.
- [8] L. Cardellini, R. M. Felder, L'Apprendimento Cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti, *La Chimica nella Scuola*, 1999, **XXI**, 18-25. Disponibile all'indirizzo: <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Liberato.pdf>
- [9] L. Springer, M. E. Stanne, S. Donovan, Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis, Madison, WI: National Institute for Science Education, 1997. Disponibile all'indirizzo: <http://www.wcer.wisc.edu/nise/CLI>.
- [10] R. M. Felder, R. Brent, Navigating The Bumpy Road to Student-Centered Instruction, *College Teaching*, 1996, **44**, 43-47. Disponibile all'indirizzo: <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Resist.html>.
- [11] R.M. Felder, Is Technology a Friend or Foe of Education?, *Chem. Engr. Education*, 2000, **34**, 326-327. Disponibile all'indirizzo <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Columns/Technology.html>.

\* Hoechst Celanese Professore Emerito di Ingegneria Chimica alla North Carolina State University, Raleigh, NC, coautore di *Elementary Principles of Chemical Processes*, che viene usato come libro di testo in più di 100 università negli USA e all'estero. Ha pubblicato oltre 150 lavori di ingegneria dei processi chimici e di didattica, ha presentato seminari, workshops e corsi brevi per istituzioni di ricerca sia nelle università che nelle industrie, negli USA, in Europa e in Sud America. Dal 1990 è codirettore del National Effective Teaching Institute. Vincitore del R. J. Reynolds Award for Excellence in Teaching, Research, and Extension nel 1982, del AT&T Foundation Award for Excellence in Engineering Education nel 1985, del Chemical Manufacturers Association National Catalyst Award nel 1989 e dell'ASEE Chester Carlson Award for Innovation in Engineering Education nel 1997. E' stato scelto come uno dei cinque più importanti professori di Ingegneria del secolo dalla Sezione Sud dell'American Society for Engineering Education nel 1993.

### ALTRE PUBBLICAZIONI RILEVANTI

1. R. M. Felder, A. Rugarcia, J. E. Stice, D. R. Woods, The Future of Engineering Education: I. A Vision for a New Century, *Chem. Engr. Ed.*, 2000, **34** (1), 16-25; II. Teaching Methods that Work, *Chem. Engr. Ed.*, 2000, **34** (1), 26-39; III. Developing Critical Skills, *Chem. Engr. Ed.*, 2000, **34** (2), 108-117; IV. Learning How to Teach, *Chem. Engr. Ed.*, 2000, **34** (2), 118-127; V. Assessing Teaching Effectiveness and Educational Scholarship, *Chem. Engr. Ed.*, 2000, **34** (3), 198-207; VI. Making Reform Happen, *Chem. Engr. Ed.*, 2000, **34**(3), 208-215.
2. R. M. Felder and R. Brent, How to Improve Teaching Quality, *Quality Management Journal*, 1999, **6** (2), 9-21.
3. R. M. Felder, G. N. Felder, E. J. Dietz, A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. V. Comparisons with Traditionally-Taught Students, *J. Engr. Education*, 1998, **87** (4), 469-480.
4. R. M. Felder, Active, Inductive, Cooperative Learning: An Instructional Model for Chemistry? *J. Chem. Ed.*, 1996, **73** (9), 832-836.
5. R. M. Felder, The Myth of the Superhuman Professor, *J. Engr. Education*, 1994, **82** (2), 105-110.
6. R. M. Felder, L. K. Silverman, Learning and Teaching Styles in Engineering Education, *Engineering Education*, 1988, **78** (7), 674.
7. R. M. Felder, On Creating Creative Engineers, *Engineering Education*, 1987, **77** (4), 222-227.
8. R. M. Felder, Does Engineering Education Have Anything to Do with Either? *Engineering Education*, 1984, **75** (2), 95 (1984).
9. D. A. Cowl, D. W. Hubbard, R. M. Felder, *Problem Set: Stoichiometry*, AIChE/CCPS: New York, 1993.
10. R. M. Felder, R. W. Rousseau, *Elementary Principles of Chemical Processes*, 3rd ed., Wiley: New York, 2000.

# pH, COSTANTE DI DISSOCIAZIONE E PRODOTTO IONICO DELL'ACQUA

## *Che ne sappiamo?*

Mi ritrovo qualche volta a passeggiare fra i banchi del laboratorio durante le esercitazioni degli studenti e, cedendo a vecchie abitudini, non mi trattengo dal chiedere strane cose ai malcapitati che mi si trovano vicino... Per esempio:

- *Qual'è il pH dell'acqua?*
- *Come è stato misurato la prima volta?*
- *Se l'acqua può essere considerata un acido o una base, come si può ricavare la sua costante di dissociazione?*
- *Che differenza c'è fra prodotto ionico e costante di dissociazione dell'acqua?*

Circa il pH dell'acqua, tutti hanno la risposta pronta: "il pH è 7".

Giusto. *Ma come è stato misurato?*

La risposta è anche abbastanza pronta: "col piaccametro". Restano però abbastanza perplessi quando faccio notare che il piaccametro col suo bravo elettrodo a vetro è stato inventato mezzo secolo dopo della prima misura del pH.

*Come è sorto il sospetto che nell'acqua pura esistesse una minima concentrazione di ioni H<sup>+</sup>?*

Come è stata ottenuta la costante di dissociazione dell'acqua?

Il discorso diventa ancora più aggrovigliato se si chiede qual è la differenza fra prodotto ionico e costante di dissociazione. Assai spesso, infatti, queste due grandezze vengono confuse e usate indiscriminatamente l'una al posto dell'altra.

La responsabilità per questa diffusa ignoranza, anche in argomenti di non secondaria importanza, non va tuttavia attribuita semplicisticamente agli studenti o solo agli studenti.

PIETRO LANZA (\*)

Se diamo una rapida scorsa a qualche libro di testo di analitica o di chimica generale in uso, riscontriamo assai spesso che molti degli argomenti sopra accennati non sono trattati con la necessaria propedeuticità e con un approfondimento sufficiente per mettere lo studente in grado di rispondere correttamente alle nostre domande.

In mancanza di una base sufficiente i quesiti assumono un'aria piuttosto misteriosa per cui si è portati a rispondere a caso o per sentito dire.

**Il pH dell'acqua.** Gli studenti dovrebbero già sapere, dalla chimica generale, che il primo passo per giungere al concetto stesso di pH parte dalle accurate misure eseguite nel 1894 da F. Kohlrausch e A. Heydweiller che dimostrarono che l'acqua, anche dopo la più rigorosa purificazione, mostra una conducibilità di circa  $0.043 \times 10^{-6} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  a 18°C.

Tale conducibilità non poteva essere spiegata che ammettendo una leggera dissociazione elettrolitica dell'acqua stessa:



In acqua, e in tutte le soluzioni acquose, viene quindi a stabilirsi un equilibrio fra molecole di acqua indissociata e ioni H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> idratati. Note le *mobilità* degli ioni H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup>, la loro *conducibilità specifica* e la *conducibilità equivalente*,

Kohlrausch poté calcolare le seguenti concentrazioni:

$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 0.8 \cdot 10^{-7} \text{ eq/L}$  a 18°C e  $1.0 \cdot 10^{-7} \text{ eq/L}$  a 25°C

Per cui, a 25°C, **la costante di dissociazione dell'acqua** è risultata

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{1.0 \cdot 10^{-14}}{55.55} = 1.8 \cdot 10^{-16};$$

$$\text{p}K_a = 15.75$$

e il **prodotto ionico**

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \cdot 10^{-14};$$

$$\text{p}K_w = 14.$$

Harris, nel suo trattato di chimica analitica [1], al paragrafo *ionizzazione dell'acqua* (pag.100), non dà alcun cenno di come siano state misurate le concentrazioni [H<sup>+</sup>] e [OH<sup>-</sup>] e assume per dato il valore della *costante di equilibrio detta* (sic)  $K_w = 1.0 \cdot 10^{-14}$ . Da essa ricava le concentrazioni di H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup>. (E' bene notare che, di norma, il dato sperimentale fornisce le concentrazioni e da queste si calcolano le costanti!) Scrive di seguito: "*l'unica costante di equilibrio*  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \cdot 10^{-14}$ ", identificando quindi la *costante di dissociazione col prodotto ionico*. Nella tabella G a pag. 712, che raccoglie un buon numero di costanti di dissociazione, riporta per l'acqua il valore  $\text{p}K_a = 15.75$ .

Questi valori diversi attribuiti alla stessa grandezza possono generare dubbi e perplessità fra gli studenti, tanto più che non vengono messi al corrente di come essi siano stati ottenuti.

La differenza concettuale fra costante di dissociazione e prodotto ionico resta sempre un po' misteriosa: lo studente raramente viene messo nella condizione di capire chiaramente che tale fatto è dovuto semplicemente alla scelta dello stato standard dell'acqua: soluzione ideale 1 M per la  $K_a$ , solvente puro per la  $K_w$ .

Comunque raramente si accenna al fatto che i valori delle concentrazioni  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \cdot 10^{-7} \text{ eq/L}$  a 25°C, si

sono ottenuti da misure di conducibilità.

Questa lacuna è comunissima nei testi di chimica analitica, di esercitazioni di chimica analitica e persino nei testi di chimica generale; per esempio il testo assai diffuso di Dickerson, Gray e Haight [2] non ne accenna nemmeno.

Sembra che la conduttometria e in genere l'elettrochimica trovino sempre meno spazio nei testi e nei programmi didattici moderni. Ciò appare particolarmente grave considerando che nei successivi corsi non si tratteranno più questi fondamenti e gli studenti dovranno affrontare argomenti importanti di chimica con preparazione di base insufficiente.

Un altro importante esempio di ingiustificata trascuratezza è rappresentato dal quasi generale silenzio sulle procedure seguite per definire i valori dei tamponi standard di pH. In mancanza di certi concetti, gli standard di pH sono destinati a restare misteriosi liquidi necessari per compiere riti magici.

Il problema di lacune o di scarsa chiarezza in numerosi libri di testo sui valori di  $K_a$  dell'acqua e dell'acido  $H_3O^+$  è stata oggetto di una interessante rassegna di R. Starkey e altri [3].

In questa nota si è soffermata l'attenzione su pH,  $K_a$  e  $K_w$ , ma è chiaro che per molti altri argomenti, specialmente di carattere introduttivo, è possibile riscontrare lacune e difficoltà del



In figura: 1 Heydweiller, 2 Rasch, 3 Arrhenius, 4 Nernst, 5 Palazzo, 6 Kohlrausch, 7 Sheldon. (Würzburg - circa 1887)

genere. Ogni docente che si appresta a tenere una lezione dovrebbe conoscere chiaramente il livello di conoscenza dei suoi studenti, per capire realisticamente fino a che punto il suo discorso possa essere correttamente recepito.

E' sempre e solo un problema di propedeuticità di argomenti, di coordinamento di programmi e di 'buon senso didattico'. A questo proposito va segnalato e fortemente raccomandato l'ottimo recentissimo lavoro

di Fiorentini e Roletto pubblicato su questa rivista [4].

#### Bibliografia

- [1] D.C. Harris, Chimica Analitica Quantitativa, Zanichelli Ed., 1991.
- [2] R.E. Dickerson, H.B. Gray, G.P. Haight, Principi di Chimica, Editoriale Grasso, 1984 Bologna.
- [3] R. Starkey, J. Norman and M. Hintze J.Chem.Ed. **63** (1986) 473.
- [4] C. Fiorentini e E. Roletto, *CnS-La Chimica nella Scuola*, Ipotesi per il curriculum di chimica, 2000, **XXII** (5), 158-168.

---

#### Cari Lettori,

come suggerisce una elementare riflessione sulla cultura umana e come Primo Levi ci ha insegnato, la creatività è unica, qualsiasi sia l'ambito in cui viene esercitata. La decisione della redazione di pubblicare poesie di argomento chimico e chimico-ambientale è diretta a fare emergere le altre facce della creatività dei chimici ed a rendere visibile, se possibile, il rapporto profondo che essi hanno con la loro disciplina.

A dimostrare il fatto che tra chimica e poesia sia possibile una contaminazione feconda, alle belle poesie del nostro Soldà per ora si sono aggiunti degli elaborati poetici e grafici di studenti di Scuole Secondarie Superiori, di cui alcuni esempi sono pubblicati in questo fascicolo.

Al di là del loro livello poetico queste composizioni dimostrano come linguaggi diversi possono coesistere, creativamente, anche in un contesto chimico.

Taluni percepiscono la chimica come materia arida ma noi la percepiamo come una avventura intellettuale capace di suscitare forti emozioni. I linguaggi dell'arte ci permettono appunto di comunicare queste emozioni e di rendere la chimica "più umana".

Vorremmo che questo tipo di interazione tra versanti culturali differenti possa essere una delle strade per rompere l'isolamento culturale della chimica.

Rimaniamo in fiduciosa attesa di altri contributi.

La redazione



# CINETICA DELLA SOLVOLISI DI ALOGENURI ALCHILICI SEGUITA COME 'CLOCK REACTION'

## Riassunto

In questo articolo è riportato e descritto un esperimento sulla cinetica della solvolisi di un alogenuro alchilico, il *t*-butil cloruro, in mezzo misto acqua-acetone. La cinetica viene seguita col metodo delle velocità iniziali, trasformando la reazione in una 'clock reaction' ('reazione orologio').

Ciò si ottiene aggiungendo alla miscela di reazione una piccola quantità nota di  $\text{Na}^+\text{OH}^-$ , in modo tale che  $[\text{Na}^+\text{OH}^-] \ll [(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$ .

In presenza di 2-3 gocce di indicatore blu di bromotimolo, il colore azzurro della miscela reagente vira bruscamente a giallo quando gli ioni  $\text{OH}^-$  vengono completamente consumati dagli ioni  $\text{H}^+$  provenienti dalla solvolisi del *t*-butil cloruro.

Il tempo di viraggio,  $\Delta t$ , viene facilmente misurato con un contasecondi. Nelle condizioni dell'esperimento, la quantità

$$\Delta[\text{H}^+\text{Cl}^-]/\Delta t = -[\text{Na}^+\text{OH}^-]/\Delta t$$

può essere considerata come la velocità iniziale di reazione,  $v_0$ . Un grafico di  $v_0$  in funzione di  $[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$  fornisce una linea retta che passa praticamente per lo zero, mostrando così che la reazione è del primo ordine rispetto all'alogenuro alchilico.

Il coefficiente angolare della retta è quindi il valore della costante di velocità  $k$ . Nell'articolo è anche discusso il meccanismo  $\text{S}_{\text{N}}1$  per la reazione di solvolisi. Vengono infine date indicazioni per ulteriori esperimenti con alogenuri diversi e con diverse miscele di solventi

ROBERTO SOLDÀ<sup>(\*)</sup>  
RINALDO CERVELLATI<sup>(\*\*)</sup>

## Abstract

This article describes a kinetic experiment on the solvolysis of an alkyl halide, *t*-butyl chloride, in mixed water-acetone medium. The kinetics is followed by an initial rate method, transforming the reaction in a 'clock reaction'.

This is obtained adding to the reactant mixture a small, known amount of  $\text{Na}^+\text{OH}^-$ , so that  $[\text{Na}^+\text{OH}^-] \ll [(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$ . Having added 2-3 drops of bromothymol blue solution as indicator, the blue colour of the solution suddenly changes to yellow when  $\text{OH}^-$  ions are completely consumed by  $\text{H}^+$  coming from the solvolysis of *t*-butyl chloride. The time of the colour change,  $\Delta t$ , is easily measured by a stopwatch. In the conditions of the experiment the quantity  $\Delta[\text{H}^+\text{Cl}^-]/\Delta t = -[\text{Na}^+\text{OH}^-]/\Delta t$  can be considered as the reaction's initial rate,  $v_0$ . A plot of  $v_0$  vs.  $[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$  gives a straight line with zero intercept showing that the reaction is first order in the alkyl halide. The value of the rate constant  $k$  is given by the slope of the straight line. The  $\text{S}_{\text{N}}1$  mechanism for the reaction in these conditions is discussed. Suggestions for further work are also given.

## Introduzione

L'insegnamento della chimica organica nella scuola secondaria superiore viene ormai impostato in modo moderno rispetto a quanto accadeva alcuni anni fa. Frequentemente in molti testi di chimica di base vengono illustrati anche i meccanismi delle principali reazioni organiche [1-5]. Ad esempio, tempo permettendo, il me-

canismo delle sostituzioni nucleofile degli alogenuri alchilici viene trattato nelle scuole secondarie superiori anche perché ben si presta ad applicare concetti di cinetica chimica quali ordine di reazione, equazione cinetica e significato di meccanismo di reazione, introdotti nel corso o nella parte del corso di chimica generale. Ciò è ovviamente tanto più vero negli indirizzi chimici degli istituti tecnici e professionali e nei licei con sperimentazioni di tipo chimico o chimico-biologico.

In questo lavoro viene descritto un esperimento relativo allo studio cinetico della solvolisi di un alogenuro alchilico, il cloruro di *ter*-butile, reazione che, nelle condizioni che verranno proposte, è interpretabile attraverso un meccanismo  $\text{S}_{\text{N}}1$ . La cinetica di queste reazioni viene usualmente seguita per via potenziometrica o conduttometrica, ma nei laboratori didattici delle scuole la strumentazione necessaria non è sempre disponibile o, se lo è, piaccimetri e conduttori sono in numero limitato, certamente non adeguato per lavori di gruppo né tantomeno per un lavoro individuale. D'altra parte anche il metodo mediante titolazione con  $\text{NaOH}$  [6] richiede, come quelli strumentali, l'uso di equazioni cinetiche integrate per l'elaborazione dei dati sperimentali e, l'integrazione dell'equazione di velocità presuppone conoscenze di matematica che in generale gli allievi delle secondarie non possiedono quando affrontano la chimica organica.

Nell'esperimento che qui viene proposto, si utilizza il metodo delle velocità iniziali, trasformando opportunamente la reazione di solvolisi in una 'clock reaction' (o 'reazione orologio').

Le 'clock reactions' sono processi in cui, dopo un certo intervallo di tempo, avviene una rapida variazione di

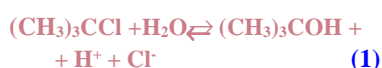
(\*) IPSIA 'G. Ceconi', Via Manzoni, 6, I-33100 Udine

(\*\*) Dipartimento di Chimica 'G. Ciamician', Università di Bologna, Via Selmi, 2, I-40126 Bologna

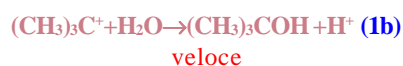
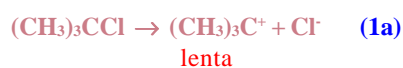


una delle loro grandezze o caratteristiche, ad esempio un brusco cambiamento di colore. Il decorso di un tale fenomeno può essere seguito in modo molto semplice usando un contasecondi. Il metodo che verrà descritto permette di superare sia il problema della strumentazione sia l'ostacolo matematico, portando comunque a risultati in buon accordo con quelli ricavabili dalla letteratura.

**La solvolisi degli alogenuri alchilici**  
L'idrolisi degli alogenuri alchilici, come il cloruro di ter-butile:



è una sostituzione nucleofila al carbonio saturo in cui il nucleofilo è il solvente ed è quindi un esempio di solvolisi. Nelle condizioni sperimentali di seguito riportate, la reazione (1) è interpretata dal seguente meccanismo  $S_N1$ :



Infatti è noto che, almeno finché l'alogenuro uscente  $Cl^-$  non si accumula nella soluzione, la velocità della reazione inversa della (1) è trascurabile [7]. A prescindere dalle controversie tuttora esistenti sulla solvolisi in generale [8], diverse evidenze sperimentali portano alla conclusione che la reazione (1) in soluzione diluita e comunque nella sua fase iniziale è del primo ordine in  $(CH_3)_3CCl$  e di ordine zero in  $H_2O$  [9], pertanto l'equazione di velocità è:

$$v = k[(CH_3)_3CCl]$$

in accordo con lo stadio lento del meccanismo  $S_N1$ .

Come detto nell'introduzione, si può pervenire a questa equazione studiando la cinetica di reazione con il metodo delle velocità iniziali trasformando la reazione (1) in una 'clock reaction'. Ciò si ottiene facendo avvenire la (1), ragionevolmente lenta a temperatura ambiente e in solvente misto acqua/acetone, simultaneamente alla reazione:



Che è praticamente istantanea rispetto alla (1).

Sicché, in presenza di una piccola quantità di  $Na^+OH^-$ , tale che la sua concentrazione sia molto inferiore a quella del  $(CH_3)_3CCl$ , tutto l' $OH^-$  presente in soluzione viene rapidamente consumato dall' $H^+$  che si forma nella (1). Se nella miscela viene aggiunta qualche goccia di indicatore blu di bromotimolo (BBT, azzurro in ambiente basico e giallo in ambiente acido) si avrà quindi, dopo il tempo necessario a consumare gli ioni  $OH^-$ , un brusco viraggio di colore: da azzurro a giallo. Questo comportamento è tipico di una 'clock reaction'. Il tempo di viraggio, misurabile con un contasecondi, dipende dalla concentrazione di  $(CH_3)_3CCl$  e, nelle condizioni sopra descritte ( $[Na^+OH^-] \ll [(CH_3)_3CCl]$ ), la variazione di colore si verifica prima che la concentrazione dell'alogenuro alchilico sia variata in modo apprezzabile, quindi in pratica il tempo di viraggio dipende dalla concentrazione iniziale di  $(CH_3)_3CCl$ .

Perciò, dal tempo trascorso dal mescolamento dei reagenti al viraggio, è possibile risalire alla velocità iniziale,  $v_0$ , della reazione. Infatti, variando la concentrazione iniziale di  $(CH_3)_3CCl$  e mantenendo costante la quantità di  $Na^+OH^-$ , varierà il tempo di viraggio  $\Delta t$  ma sarà sempre  $\Delta[H^+Cl^-] = \text{costante} = \text{concentrazione di } Na^+OH^- \text{ aggiunta, per cui:}$

$$v_0 = \Delta[H^+Cl^-]/\Delta t = [\text{costante}]/\Delta t = k[(CH_3)_3CCl]_0$$

Passando ai logaritmi si ha:

$$\log(1/\Delta t) = \log k + \log[(CH_3)_3CCl]_0 - \log[\text{costante}]$$

Ponendo in un grafico i valori di  $\log(1/\Delta t)$  vs  $\log[(CH_3)_3CCl]_0$ , i punti risultanti devono essere interpolati da una retta con coefficiente angolare 1, ordine di reazione rispetto a  $(CH_3)_3CCl$ , e intercetta ( $\log k - \log[\text{costante}]$ ). Poiché  $\log[\text{costante}]$  è noto, dal valore dell'intercetta si può determinare il  $\log k$  e quindi la costante di velocità.

Più semplicemente, interpolando un grafico dei valori di  $v_0$  ( $=[\text{costante}]/\Delta t$ ) in funzione di  $[(CH_3)_3CCl]_0$ , si otterrà una linea retta la cui intercetta sarà praticamente uguale a zero. Questo andamento è tipico di una reazione di primo ordine e il coefficiente angolare della retta è la costante di velocità  $k$ .

Riassumendo, si può ritenere che  $\Delta[H^+Cl^-]/\Delta t = [\text{costante}]/\Delta t$  sia una misura della velocità iniziale della reazione nelle condizioni sperimentali descritte perché:

- (a) il tempo di viraggio è abbastanza breve rispetto al tempo richiesto affinché la reazione (1) proceda del 50% o del 75%, sicché la concentrazione di  $(CH_3)_3CCl$  non viene apprezzabilmente modificata rispetto alla concentrazione iniziale;
- (b) il tempo di viraggio è abbastanza lungo rispetto al tempo di mescolamento dei reagenti e quindi questo può essere considerato ininfluente;
- (c) la concentrazione di  $H_2O$ , in grande eccesso rispetto a quella di  $(CH_3)_3CCl$ , non varia in pratica durante la reazione e tanto meno nel tempo occorrente per il viraggio dell'indicatore.

\* \* \*

Questa parte dell'articolo può essere utilizzata dall'insegnante per introdurre l'argomento della solvolisi degli alogenuri alchilici e del meccanismo  $S_N1$ , nonché a spiegare in cosa consiste una 'clock reaction'. Ulteriori informazioni su queste reazioni si possono trovare in [10]. E' ovvio che l'insegnante si avvarrà di questa parte per illustrare gli scopi dell'esperimento. A tale proposito spetta all'insegnante stabilire la quantità di informazioni da fornire agli allievi, in altre parole se deciderà di considerare l'esperimento come verifica della conseguenza che il meccanismo  $S_N1$  conduce a una cinetica del primo ordine nella concentrazione dell'alogenuro alchilico dovrà presentare tutto il materiale sopra esposto, se invece deciderà di usare i dati sperimentali per far 'ricavare' l'equazione di velocità, allora si limiterà a illustrare il meccanismo  $S_N1$  come ipotesi di meccanismo di reazione per la solvolisi di un alogenuro alchilico. In ogni caso dovrà spiegare agli allievi che con adeguati esperimenti cinetici non realizzabili facilmente a scuola si è potuto stabilire che l'ordine di reazione rispetto a  $H_2O$  è zero nelle condizioni in cui si opera e che vi sono evidenze sperimentali dirette e indirette dell'esistenza di carbocationi [9].

#### Prerequisiti

- Nozioni di base di chimica organica sugli alogenuri alchilici: preparazione e idrolisi.
- Concetti fondamentali di cinetica

chimica: velocità di reazione, equazione di velocità, ordini di reazione, costante di velocità, significato di meccanismo di reazione.

## Parte sperimentale

### Materiali e reagenti

- Burette da 25 o 50 mL e pipette graduate da 10 e 20 mL
  - Bechers da 50 o 100 mL
  - Bacchettine di vetro
  - Matraccio tarato da 250 mL
  - Termometri (-10 – 100 °C)
  - Contasecondi
  - Soluzione stock acetonica di ter-butyl cloruro 0.184 M: per prepararne 250 mL porre 5.0 mL di ter-butyl cloruro nel matraccio tarato, sciogliere e portare a volume con acetone anidro.
  - Soluzione stock di  $\text{Na}^+\text{OH}^-$  0.006 M in acqua distillata. Si può convenientemente preparare per diluizione di una soluzione normex 0.1 M.
  - Acetone anidro
  - Acqua distillata
  - Soluzione di indicatore blu di bromotimolo (BBT) allo 0.05% con contagocce. Se si dispone dell'indicatore solido, stemperare in un mortaio 0.1 g dell'indicatore in 3.2 mL di NaOH 0.05 M fino a che si è ottenuta una soluzione. Trasferire in un matraccio da 200 mL e portare a volume con acqua distillata. Le ditte di prodotti chimici forniscono soluzioni di indicatore pronte per l'uso.
- Le quantità di soluzioni stock da preparare, la vetreria, il numero di termometri e di contasecondi dovranno comunque essere stabiliti dall'insegnante a seconda che l'esperimento venga effettuato individualmente o per gruppi di due o più allievi. Tuttavia, se possibile, si consiglia di non formare gruppi di più di due studenti.

### Procedimento

In un becher da 50 mL porre 3.0 mL di  $\text{Na}^+\text{OH}^-$  0.006 M, 10.0 mL di acqua distillata, 12.0 mL di acetone anidro e 3 gocce di soluzione di blu di bromotimolo (BBT). Mescolare con una bacchettina di vetro. La soluzione appare colorata in azzurro. Prendere nota della temperatura della soluzione. Aggiungere quindi 1.0 mL della soluzione acetonica di ter-butyl cloruro, mescolare una sola volta cronometrando col contasecondi dal mescolamento fino a che il colore della soluzione vira al giallo.

Ripetere la prova modificando le quantità di acetone e soluzione acetonica di ter-butyl cloruro in modo tale che l'unica concentrazione che varia sia quella dell'alogenuro alchilico, e annotare il tempo di viraggio. In Tabella 1 sono riportate le quantità usate e i tempi di viraggio misurati in una serie di prove effettuate durante un esperimento condotto da allievi della classe terza Operatori Chimico Biologici dell'IPSIA 'G. Ceconi' di Udine nell'anno scolastico 1999/2000.

**Tabella 1** – Dati relativi a una serie di prove

Prova #	mL NaOH 0.006 M	mL H <sub>2</sub> O distillata	mL acetone anidro	BBT gocce	mL t-BuCl in acetone	tempo di viraggio, $\Delta t$ (s)
1	3.0	10.0	12.0	3	1.0	340
2	3.0	10.0	11.0	3	2.0	190
3	3.0	10.0	10.0	3	3.0	117
4	3.0	10.0	9.0	3	4.0	91

Temperatura = 24 °C,

Volume totale miscela = 26 mL in solvente acetone/H<sub>2</sub>O 50% v/v

### Elaborazione dei dati e risultati

Gli allievi, in base alle loro conoscenze stechiometriche e matematiche dovranno trasformare le quantità ponderali in concentrazioni espresse in mol L<sup>-1</sup>, calcolare le velocità iniziali e i relativi logaritmi, i reciproci dei tempi di viraggio e i relativi logaritmi.

Per  $v_0$  si ha:

$$v_0 = \Delta[\text{H}^+\text{Cl}^-]/\Delta t = [\text{Na}^+\text{OH}^-]/\Delta t,$$

ma

$$[\text{Na}^+\text{OH}^-] = 3.0 \text{ mL} \times 6.00 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} / 26 \text{ mL} = 6.92 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1},$$

sicchè

$$v_0 = 6.92 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} / \Delta t \text{ s.}$$

In Tabella 2 sono riportati questi dati sperimentali riferiti alle quattro prove di Tabella 1.

**Tabella 2** – Dati di velocità iniziale, concentrazione iniziale di  $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$  e inverso del tempo di viraggio per le quattro prove di Tabella 1

prova #	$v_0$ (mol L <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	$[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$	$\log[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$	$1/\Delta t$ (s <sup>-1</sup> )	$\log(1/\Delta t)$
1	$2.04 \times 10^{-6}$	$7.08 \times 10^{-3}$	-2.150	$2.94 \times 10^{-3}$	-2.532
2	$3.64 \times 10^{-6}$	$14.2 \times 10^{-3}$	-1.848	$5.26 \times 10^{-3}$	-2.279
3	$5.92 \times 10^{-6}$	$21.2 \times 10^{-3}$	-1.674	$8.55 \times 10^{-3}$	-2.068
4	$7.61 \times 10^{-6}$	$28.3 \times 10^{-3}$	-1.548	$11.0 \times 10^{-3}$	-1.959

Il metodo più semplice e immediato per determinare ordine e costante di velocità dai dati contenuti in Tabella 2 è quello di costruire un grafico di  $v_0$  in funzione di  $[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$  come mostrato in Figura 1.

I punti sperimentali sono ben interpolati da una linea retta, ottenuta utilizzando un programma che effettua la regressione lineare ai minimi quadrati.

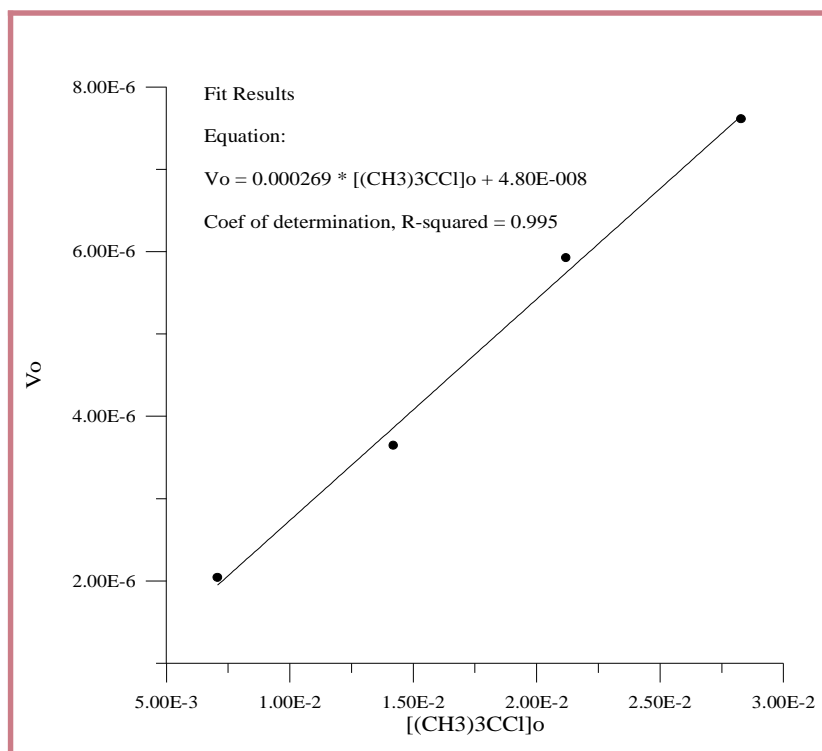
L'equazione:

$$v_0 \text{ (mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) = 2.69 \times 10^{-4} \text{ (s}^{-1}) \times [(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0 \text{ (mol L}^{-1}) + 4.80 \times 10^{-8} \text{ (mol L}^{-1} \text{ s}^{-1})$$

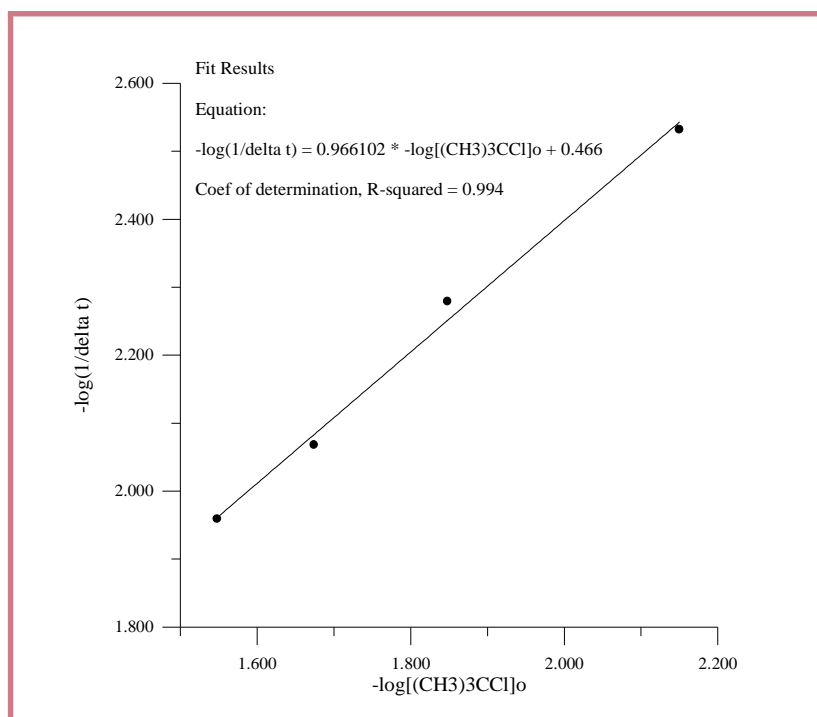
mostra che la retta di regressione passa praticamente per lo zero (il valore dell'intercetta è piccolissimo) e ciò, come già detto, indica che la reazione è del primo ordine rispetto all'alogenuro alchilico. Il coefficiente angolare dà quindi il valore della costante cinetica  $k$ . L'errore percentuale su  $k$ , stimato utilizzando il metodo riportato da D.C. Harris [11] e tenendo conto degli errori nel prelievo dei reagenti è di circa il 10%. Si ha quindi:

$$k = (2.7 \pm 0.3) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

Si può anche costruire un grafico del  $\log(1/\Delta t)$  in funzione del  $\log[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_0$  (vedi Figura 2).



**Figura 1** - Grafico di  $v_o$  in funzione della concentrazione iniziale di  $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$



**Figura 2** - Grafico di  $-\log(1/\Delta t)$  in funzione di  $-\log[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_o$

Anche in questo caso i punti sperimentali sono ben interpolati da una retta la cui equazione è:

$$\log(1/\Delta t) = 0.966 \times \log[(\text{CH}_3)_3\text{CCl}]_o - 0.466$$

Il coefficiente angolare,  $0.966 \cong 1$ , dà l'ordine di reazione rispetto all'alogeno alchilico e l'intercetta ( $-0.466$ ) è:  $\log k - \log[\text{costante}]$ .

Poiché:

$$[\text{costante}] = [\text{Na}^+\text{OH}^-] = 9.62 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1},$$

si ottiene

$$k = 2.4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}.$$

La costante di velocità per la reazione di solvolisi del ter-butil cloruro in miscela acqua/acetone al 50% in acetone non è stata misurata con alcun altro metodo e quindi non è possibile fare confronti con il dato qui riportato. Tuttavia si può calcolare un valore teorico usando un'equazione proposta da E. Grunwald e S. Winstein [12], che correla la velocità di solvolisi di un certo composto in un dato solvente e in un solvente di riferimento (acqua/etanolo, 80% in etanolo). Utilizzando tale equazione con i parametri relativi al ter-butil cloruro alla temperatura di  $25^\circ\text{C}$ , reperibili in letteratura [12], si trova che  $k_{\text{teor.}} = 2.32 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Questo dato è in buon accordo con i risultati sperimentali qui riportati.

### Osservazioni, suggerimenti e note finali

L'esperimento descritto, per la facilità dell'esecuzione, la semplicità dei materiali richiesti e l'elaborazione dei dati sperimentali, può essere fruibile anche in scuole non specificatamente a indirizzo chimico ma in cui viene sviluppato un corso di chimica che comprende alcuni concetti di cinetica e fondamenti di chimica organica, a patto che vi sia la possibilità (e la volontà) di far lavorare gli allievi in laboratorio. Le quantità dei reagenti e la composizione del solvente sono state scelte in modo da ottenere tempi di viraggio tali da poter ripetere, per ogni prova, almeno due o tre misure nell'arco di tempo totale della seduta di laboratorio, programmata in circa due ore.

Nelle scuole con indirizzo chimico come pure nei corsi di laurea in chimica, chimica industriale e CTF, (dove

probabilmente l'apparato sperimentale può essere migliorato attraverso l'uso di un termostato e di agitatori magnetici), gli esperimenti possono essere ampliati in diverse direzioni: si può ad esempio seguire la cinetica della solvolisi del ter-butyl cloruro in miscele acqua acetone a diverse composizioni, o usare un solvente organico diverso dall'acetone (MeOH, EtOH, ecc.). Si potrà così raccogliere tutta una serie di dati che serviranno a discutere l'effetto solvente sulla reattività delle sostituzioni nucleofile e a illustrare le correlazioni quantitative fra le velocità delle reazioni di solvolisi. Si possono poi seguire le cinetiche di alogenuri diversi nello stesso solvente per studiare relazioni reattività-struttura, ecc. Un gran numero di dati sperimentali ottenuti con metodi diversi sono reperibili in letteratura [12]. Infine, il metodo proposto in questo lavoro si presta molto bene a intro-

durare le caratteristiche e gli aspetti, a volte molto spettacolari, delle 'clock reactions', che sono attualmente oggetto di approfondite ricerche.

#### Ringraziamenti

Si ringraziano, per la collaborazione, la Sig. Livia Mercato, docente di laboratorio di chimica e i Sigg. Bartolomeo Di Lorenzo e Francesco Temi, periti chimici dell'IPSA "G. Ceconi" di Udine.

#### Bibliografia

- [1] F. Olmi, T. Pera, *Alchimia 2000, corso di chimica*, La Nuova Italia, Firenze, 1989, pp.363-366
- [2] C. Amore, M. Di Dio, L. Silvestro, *La chimica possibile*, Cedam, Padova, 1991, pp.412-413
- [3] G. Valitutti, A. Gentile, V. Gerosa, A. Tifi, *Fondamenti di Chimica*, Masson Scuola, Milano, 1992, pp.446-448
- [4] P. Pistarà, *Nuova Chimica*, Atlas,

Milano, 1996, pp.492-493

[5] D. Bovi, G. Favero, *Chimica, scienza sperimentale*, Etas, Milano, 1997, pp.632-635

[6] D.L. Pavia, G.M. Lampman, G.S. Kriz, *Il laboratorio di chimica organica*, Sorbona, Milano, 1994, pp. 186-191

[7] E.S. Gould, *Mechanism and Structure in Organic Chemistry*, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York, 1959, pp. 255-257

[8] J. Dale, *J. Chem. Educ.*, **75**, 1482-1485 (1998)

[9] J. Hine, *Physical Organic Chemistry*, McGraw Hill, New York, 1962, pp.128-137

[10] R. Cervellati, *Le reazioni chimiche oscillanti, Una introduzione*, CLUEB, Bologna, 1995, pp. 41-44 e pp. 105-109

[11] D.C. Harris, *Chimica Analitica Quantitativa*, Zanichelli, Bologna, 1991, pp. 55-59

[12] rif. cit. in [9], pp 157-159 e riferimenti ivi contenuti



**Ricordiamoci**

### Cari Soci e lettori è tempo di rinnovare l'iscrizione alla S.C.I.

**Certamente questo mio appello sarà letto quando le schede di rinnovo sono in vostro possesso e, la maggior parte ha già provveduto all'invio della quota.**

**Ricordo che il rinnovo deve essere fatto il più presto possibile, faciliteremo in tal modo il lavoro di aggiornamento dell'Ufficio Soci.**

**Come saprete il primo numero della rivista viene spedito anche a chi non ha rinnovato l'iscrizione, è anche vero che chi si iscrive in ritardo riceverà i numeri arretrati, *spedizione questa che grava sulla redazione*; l'appello che vi rivolgo è quindi visto anche nell'ottica di fornire un aiuto alla redazione che già deve far fronte alle richieste di numeri non ricevuti a causa dei digiudi postali.**

**Pasquale Fetto**





### La metafora del puzzle e del vascello fantasma

Senza scendere dall'ideale cattedra dove con il consenso del Consiglio Centrale spero di consumare almeno alcuni dei miei anni da pensionato, continuo, con un filo di nostalgia, a lanciare sguardi scrutatori agli altrui alunni ed alle componenti scolastiche.

Mi sono messo comodo, nel senso che ho aggiunto al mio ideale arredo scolastico una poltrona ed ho deciso di temperare il pessimismo di certe mie affermazioni con accorte metafore.

*Prima scena metaforica.* La scuola appare in questo momento come un vascello fantasma, privo di timone, che galleggia nelle acque tempestose del Triangolo delle Bermude. I componenti della ciurma, cioè gli insegnanti, compiono manovre convulse e contraddittorie, la nave rotea su se stessa ma loro non desistono, litigano tra di loro perché sono scontenti della paga e devono stabilire se è più importante chi manovra il timone, chi scioglie e imbriglia le vele o chi si occupa delle manovre di attracco. Sembra quasi che abbiano dimenticato le regole del mestiere che impone un lavoro coordinato, gli ufficiali di bordo, occupatissimi a fare i dirigenti, fingono di ignorare la situazione ormai critica. Tutti si sono dimenticati dei passeggeri cioè degli alunni.

*Seconda scena metaforica.* L'ammiraglio Berlinguer, quando se ne è andato, stava componendo il puzzle della riforma, questo ora giace, una tessera qui e una tessera là, abbandonato nella sua cabina; l'astuto Berlinguer non ha rivelato il disegno

complessivo che solo lui conosce anzi qualcuno insinua che non lo conosce nemmeno lui.

Il suo successore, l'ammiraglio De Mauro guarda desolato il puzzle (una tessera qui e una tessera là) e pensa di essere stato messo di mezzo, proprio non riesce a capire da dove diavolo ricominciare, teme che il suo predecessore assieme al disegno generale si sia fregato anche qualche tessera; guarda con diffidenza alcune tessere dell'area scientifica, ad esempio quella con su scritto Chimica, e gli viene una grande voglia di prendere tutto a pedate anzi sotto sotto nonostante la sua connotazione politica si accorge di nutrire nostalgie gentiliane.

*Terza scena metaforica.* Un misterioso personaggio ministeriale ha convocato una Conferenza Nazionale della Cultura (C. N. C.) per risolvere il problema del puzzle.

Si tratta di un grande evento rituale, durante il quale si cercherà di andare alla radice dei problemi, cioè di individuare la visione culturale sottesa al disegno del puzzle.

Tra i congressisti imperversano varie epidemie quali la "visione consumistica della cultura", lo "scetticismo qualunquistico cronico", la "tabe disciplinarista" oltre a gravi distorsioni mentali quale "uno smodato amore per i piaceri della provincia".

Molti di loro si sono abbandonati per settimane al rito masturbatorio de "Il Grande Fratello" ed il sospetto che all'interno del congresso circoli una forma di voyerismo, rende i partecipanti nervosi; i pochi sopravvissuti della vecchia guardia sono prostrati per la squalida fine della lungimirante profezia di Orwell.

Si decide tuttavia di mettere al bando i sospetti ed il pessimismo, il realismo prevale, i lavori proseguono. Nel tentativo di risolvere il problema del puzzle ci si pongono interrogativi arditi:

- Quale differenza esiste tra cultura democratica e carattere democratico della cultura?
- È corretto fare distinzione tra cultura scientifica e cultura umanistica?
- Come si configura l'insegnamento democratico delle conoscenze prodotte da una élite culturale?
- Come si configura l'insegnamento democratico a fronte degli automatismi sociali?
- Come si configura l'insegnamento democratico rispetto alla spregiudicata gestione della cultura da parte del mercato?

Poi la grande assemblea s'incaglia su di una domanda cruciale:

- Che diavolo è la cultura?

A questo punto il panico ha il sopravvento, si verifica un fuggi fuggi generale, nella confusione dilagante i sindacalisti si sono avvicinati di soppiatto al tavolo della presidenza e cercano di strappare qualche piccolo aumento salariale. Poi la sala si svuota e il povero ammiraglio De Mauro rimane in solitaria e malinconica contemplazione delle tessere sparse.

*Quarta scena metaforica.* Nel Triangolo delle Bermude si è scatenata la tempesta preelettorale e nulla viene risparmiato, tantomeno il vascello Scuola.

Intercalate da lampi e da tuoni circolano false notizie su: diritto allo studio, libri di testo e formazione professionale.

Il panico si diffonde ancora una volta tra la ciurma, la quale dimentica dei passeggeri, ignorando ogni deontologia professionale, cala in mare e occupa le scialuppe; si tratta di robuste imbarcazioni dai nomi rassicuranti: Matematica, Fisica, Storia, Italiano.

I mozzi di bordo guardano disperati dal ponte della nave, alla fine si fanno coraggio ed affidano la loro vita ad un guscio di noce, assolutamente precario, si tratta di una vecchia imbarcazione dimenticata, si chiama Chimica.

Nelle acque tempestose Chimica rimane schiacciata dalle possenti barche disciplinari ed i mozzi si rasse-

gnano ad essere salvati da quelli della Fisica e della Biologia.

*Quinta scena metaforica.* Il vascello Scuola, sorpreso da una improvvisa bonaccia tropicale, privo di timone, oscilla pigramente.

La ciurma, risalita a bordo, se ne sta sbracata all'ombra delle vele, conta e racconta gli aumenti di paga ottenuti, cercando di autoconvincersi che tutto sommato qualcosa hanno guadagnato. L'ammiraglio è sempre chiuso in cabina e qualcuno con cattiveria insinua che nel tentativo di capire la

ciurma ed i passeggeri stia visionando la registrazione de "Il Grande Fratello".

Gli ufficiali continuano ad allenarsi a fare i dirigenti.

I passeggeri si sono dedicati alla loro attività preferita ed hanno organizzato cortei di protesta, avanti e indietro sul ponte del vascello.

La ciurma si sente demotivata, frustrata e confusa alcuni di loro per reazione si sono arruolati nelle commissioni ministeriali che stanno ancora tentando di ricomporre il puzzle. Il lavoro

di commissione si è ben presto rivelato una specie di corsa ad ostacoli seguita da un passaggio nel labirinto e da impegnativi esercizi di acrobazia mnemonica.

Il Ministero ha gettato la maschera, siamo di fronte ad una creatura extraterrestre, amebica, proteiforme e tentacolare, il suo abbraccio può essere mortale. Si corre il rischio di perdere la propria identità o meglio di recitare il ruolo dell'utile idiota!

**Ermanno Niccoli**

---

### ***Il Forum delle associazioni disciplinari della scuola al Ministro della P.I. e ai coordinatori della Commissione di studio per il riordino dei cicli***



*Il X Seminario del Forum delle associazioni disciplinari della scuola, riunito a Bologna il 20.1.2001, sulla base delle informazioni disponibili sui lavori in corso sulla redazione di norme curricolari nazionali, ritiene di dover portare all'attenzione del ministro della P.I. e dei coordinatori dei lavori le seguenti esigenze.*

1. Data la ristrettezza del tempo disponibile, i gruppi di lavoro dovrebbero procedere sulla base di ipotesi di lavoro definite e proposte in modo trasparente.

2. Dovrebbero essere definite preliminarmente alcune cornici generali degli impianti curricolari, che non possono risultare dalla somma o mediazione di elaborazioni condotte da gruppi di area; questo riguarda in particolare:

a) il formato testuale comune ai curricula dei diversi ambiti disciplinari (lunghezza, indice-tipo, ecc.);  
b) la definizione dei criteri generali per la valutazione degli alunni (art. 8 lettera g del Regolamento per l'autonomia);  
c) la definizione degli ambiti disciplinari e del progressivo passaggio dal predisciplinare al disciplinare nella

**32** scuola di base; a questo proposito si segnala il rischio che la distinzione

tra ambiti disciplinari e 'laboratori', proposta col lodevole intento di semplificare la composizione del curriculum, si risolva al contrario in una ulteriore frammentazione e introduca una insostenibile distinzione tra insegnamenti più e meno operativi o più e meno dotati di valore formativo intellettuale;

d) la definizione dei confini tra norme nazionali e autonomia didattica delle scuole (questione che è stata a volte impropriamente trattata solo in termini di quote orarie); a questo proposito si sottolinea l'opportunità che le norme indichino in modo vincolante "obiettivi specifici di apprendimento" in termini di competenze da perseguire prioritariamente, in forma tale che esiga di per sé scelte metodologiche di qualità, senza richiedere ulteriori "raccomandazioni" e simili. E' opportuno che tali obiettivi di competenza vengano accompagnati da esempi non prescrittivi di buona pratica didattica.

3. L'incertezza di questi di punti di riferimento rende problematica una conclusione della redazione del curriculum della scuola di base entro il termine indicato del 25 gennaio; pur comprendendo le ragioni di urgenza, il Seminario del Forum ritiene che una dilazione di due-tre settimane consentirebbe di ottenere un risultato più

credibile senza grave danno allo sviluppo della riforma. In ogni caso dovrebbe essere esplicitamente ribadito il carattere rivedibile dei testi che verranno proposti.

Il presente documento è stato condiviso dai membri presenti al Seminario delle seguenti associazioni:

**ADI-SD** (Associazione degli Italianisti - sezione didattica)

**AEEE** (Associazione Europea per l'Educazione Economica) - Italia

**AIF** (Associazione per l'Insegnamento della Fisica)

**AIIG** (Associazione Italiana Insegnanti di Geografia)

**ANIAT** (Associazione Nazionale Insegnanti dell'Area Tecnologica)

**ANISA** (Associazione Nazionale Insegnanti di Storia dell'Arte)  
Associazione "Clio 92"

**LEND** (Associazione Lingua e Nuova Didattica)

**SCI-DD** (Società Chimica italiana - Divisione Didattica)

**SIEM** (Società Italiana per l'Educazione Musicale)

Ha inoltre aderito l'associazione **TESOL Italy** (Teaching English to Speakers of Other Languages)

## L'area scientifica: evoluzione della ricerca didattica in ambito scientifico e quadro generale del curriculum di Scienze (\*)

**Fabio Olmi** (Coordinatore della Commissione curricula della DD/SCI),  
**Silvia Pugliese Jona** (Coordinatrice della Commissione curricula dell'AIF),  
**Clementina Todaro** (Coordinatrice della Commissione curricula dell'ANISN)

All'interno dell'area matematico-scientifica l'ambito scientifico raccoglie 4 discipline di base: la Fisica, la Chimica, la Biologia e le Scienze della Terra. Da molti anni le Associazioni nazionali per l'insegnamento delle suddette discipline, l'AIF (Associazione per l'insegnamento della fisica), la DD/SCI (Divisione didattica della Società Chimica Italiana) e l'ANISN (Associazione nazionale insegnanti di Scienze Naturali), che raccolgono alcune migliaia di soci in parte docenti universitari e in parte docenti di tutti i livelli della scuola preuniversitaria, vanno conducendo studi e ricerche, organizzano corsi di formazione e di aggiornamento per docenti, danno vita a congressi nazionali, giornate di lavoro, incontri, seminari e pubblicano riviste accreditate anche fuori del territorio nazionale.

Con il delinearsi progressivo della scuola della riforma, centrata sull'autonomia scolastica e sulla progettazione curricolare "decentrata", le Associazioni hanno messo a punto nuove proposte curriculari disciplinari che coprono, in un'ottica di curriculum verticale, l'intera scuola dall'inizio (scuola di base) al termine della scuola secondaria. Tali proposte, presentate nella II Giornata nazionale di lavoro del Forum delle Associazioni disciplinari e dell'Ap Scuola del 6 Maggio 2000 a Bologna, sono state poi pubblicate con poche varianti sia nel II Dossier degli Annali della P.I. (II-2000) che nel volume, indicato in nota, in corso di stampa per la Nuova Italia.

Queste proposte curriculari, pur presentando una certa diversità nell'impostazione e sia pure attraverso

sottolineature di aspetti peculiari di ciascuna disciplina, fanno emergere anche molte consonanze. Ci sembra importante sottolineare che i molti elementi che le accomunano sono il risultato di un costante confronto tra le Associazioni realizzatosi in questi ultimi anni e di un lavoro condotto ricercando una sempre più puntuale condivisione di un lessico di base comune, in quanto partecipi, all'interno del Forum delle associazioni disciplinari di cui fanno parte, dell'ampio dibattito sviluppatosi al suo interno in questo settore.

Tutte le proposte presentate rilevano una comune attenzione alle finalità formative, non solo in riferimento agli aspetti cognitivi, ma anche a quelli della formazione della persona e del cittadino. E si rilevano pure forti componenti di trasversalità che trovano espressione nelle competenze da far acquisire agli allievi al termine dei diversi cicli scolastici.

Sottolineata da tutti l'esigenza che i diversi saperi disciplinari, tradizionalmente frammentati in seno alla nostra cultura, debbano trovare ricomposizione nel processo di insegnamento/apprendimento in primo luogo a livello di scuola di base ma, con modalità diverse, anche al primo biennio della secondaria. Tutte le Associazioni concordano col fatto che a livello di base le singole discipline non saranno presentate separatamente ma come insegnamento unitario. Ciò per dare a tutti gli allievi l'opportunità di formarsi una cultura scientifica di base, ricca di esperienze fenomenologiche e procedurali, di strumenti diversificati per indagare e rappresentare la realtà, adeguata allo sviluppo cognitivo proprio delle diverse età, capace di rappresentare una esperienza di apprendimento significativa per saggiare potenzialità e guidare verso le future scelte.

Molto evidente appare poi il comune sforzo di prendere le distanze dall'en-

(\*) La premessa al documento costituisce una versione modificata dell'introduzione ai curricula di Fisica, Chimica, Biologia e Scienze della Terra, tratta da "Curricula per la scuola dell'autonomia - Proposte della ricerca didattica disciplinare", a cura di A.Colombo, R.D'Alfonso, M.Pinotti - La Nuova Italia Ed., in corso di stampa.



ciclopedismo nozionistico che ha caratterizzato i curricula del passato e di costruire un percorso essenziale, caratterizzato da uno sviluppo graduale e da flessibilità interna (ripensando l'intero curriculum della scuola preuniversitaria) fondato sull'apprendimento significativo di "poche cose bene e a fondo e non molte cose male e superficialmente" (R.Maragliano, relazione sulla Commissione dei saggi). Comune è stata la scelta di risalire ai nuclei fondanti della disciplina attraverso una accurata riflessione sul suo sviluppo storico-epistemologico e di ancorare a questi i nodi concettuali essenziali sui quali articolare le competenze da far acquisire agli allievi. Con una preoccupazione costante, quella di proporre all'apprendimento conoscenze e abilità alla portata dello sviluppo dei bambini, degli adolescenti o dei giovani a cui si rivolgono.

A partire dal Luglio 2000 si è avviata una collaborazione ancora più stretta tra le tre Associazioni scientifiche disciplinari per la messa a punto di un curriculum comune relativo alla scuola di base e di curricula coordinati o parzialmente integrati (Laboratorio di Scienze fisiche e chimiche e Laboratorio di Scienze biologiche e della Terra) per il biennio di fine obbligo.

Tenendo conto delle fasi attuative della riforma dei cicli, i lavori sono stati orientati dalla fine di Novembre in modo prevalente nelle direzioni della messa a punto del curriculum per la scuola di base e per la definizione di quelli dei primi due anni della scuola secondaria. I lavori sono ancora "in corso", ma possiamo qui presentare un primo quadro d'insieme dell'intera proposta di curriculum verticale di "Scienze".

Ci preme sottolineare ancora che un insegnamento/apprendimento finalmente formativo e significativo delle Scienze ai diversi livelli scolari passa sì dalla stesura di "buoni curricula", ma oggi ancor di più che in passato, soprattutto attraverso una capillare nuova formazione degli attuali docenti in servizio e, aspetto decisivo, di coloro che saranno chiamati ad insegnare nella scuola riordinata specialmente nel delicato ciclo di base.

## QUADRO GENERALE DI UN CURRICOLO VERTICALE DI SCIENZE

A cura delle Associazioni Nazionali per l'insegnamento delle discipline scientifiche AIF, DD/SCI e ANISN

<i>SCUOLA DI BASE</i>	1° e 2° ciclo (6 - 11 anni)	<p><b>SCIENZE (*)</b></p> <p>L'insegnamento delle Scienze nei primi cinque anni della Scuola di base costituisce un percorso graduale che, partendo dai processi di percezione della realtà avviati nella scuola dell'infanzia, porta gli allievi a costruire quelle competenze che possono aiutare a meglio comprendere e "vivere" l'ambiente naturale e tecnologico che ci circonda. Tale costruzione procede attraverso un progressivo affinamento delle capacità di descrivere, di razionalizzare e di operare concretamente ed ha come fonte ispiratrice il complesso di esperienze suggerite sia dal mondo naturale, sia da quello scientifico-tecnologico prodotto dall'uomo.</p> <p>L'impostazione di questo insegnamento è di tipo essenzialmente predisciplinare ed è centrata sui temi in grado di essere affrontati dai bambini di questa fascia d'età. La trattazione di questi temi implica "punti di vista" disciplinari ( delle Scienze fisiche, chimiche, della biologia, delle scienze della Terra e dell'Astronomia) all'interno di un quadro non specificatamente disciplinare.</p> <p>Le competenze da acquisire a questo primo livello di base riguardano principalmente i metodi impiegati nell'indagine scientifica: osservare, confrontare, classificare, misurare, modellizzare, generalizzare, registrare e comunicare i risultati, lavorare costruttivamente con gli altri.</p>
	3° ciclo (12 - 13 anni)	<p><b>SCIENZE (*)</b></p> <p>Nel segmento terminale della scuola di base lo studio delle scienze è finalizzato al rafforzamento e all'evoluzione, compatibilmente con l'età degli allievi, delle competenze specifiche e trasversali acquisite nel periodo precedente, con maggiore attenzione verso i procedimenti di generalizzazione e l'uso consapevole anche di strumenti matematici. Nello studio di sistemi e processi, affrontato ad un livello di crescente complessità e approfondimento ( nei limiti dell'impostazione caratteristica della scuola di base), cominciano ad emergere le specificità disciplinari in modo da rendere più consapevole la futura scelta di indirizzo e ciò riguarda sia il punto di vista metodologico ( modo di guardare alla realtà e di interagire con essa caratteristico di ogni diversa disciplina), sia quello contenutistico. Nella scelta dei contenuti vengono privilegiati argomenti di utilità fondamentale nella vita del futuro cittadino e temi significativi per la formazione di una cultura scientifica di base.</p>
<i>SCUOLA SECONDARIA</i>	1° biennio (14 -15 anni)	<p>L'area scientifico-sperimentale costituisce parte comune dei diversi indirizzi dei licei poiché è indispensabile componente per l'acquisizione di competenze culturali e strumentali da parte di tutti gli allievi che assolvono l'obbligo scolastico. E' importante che a questo livello si introduca nell'insegnamento scientifico anche la prospettiva storica dello sviluppo dei nodi concettuali essenziali. Nei primi due anni della scuola secondaria le scienze della natura si presentano raggruppate in due ambiti contenenti rispettivamente le scienze che studiano la materia nei suoi aspetti fondamentali (chimica e fisica) e quelle che si occupano dello studio della vita e dell'ambiente che la supporta ( biologia e scienze della Terra).</p> <p>Le competenze che dovrebbero conseguire gli allievi al termine dell'obbligo scolastico sono organizzate per nuclei tematici (interpretabili in termine di moduli). Per ogni nucleo tematico sono individuate le conoscenze per tutti (contenuti essenziali) e quelle per orientare (utili per confermare le scelte d'indirizzo già compiute o per facilitare eventuali ripensamenti). La progettazione curricolare sarà sviluppata dal docente, in quanto di sua specifica responsabilità, in base a molteplici modelli didattici; si raccomanda tuttavia, che l'insegnamento sia fortemente ancorato a situazioni reali.</p>
<i>continua</i>		



<p><i>continua</i></p> <p><b>SCUOLA SECONDARIA</b></p>	<p>1° biennio (14 -15 anni)</p>	<p><b>LABORATORIO DI SCIENZE CHIMICHE E FISICHE (*)</b> Questo insegnamento intende promuovere lo sviluppo del pensiero critico e creativo che deriva dall'abitudine a collegare le esperienze con le idee, a ricercare e valutare spiegazioni attraverso l'evidenza sperimentale e la costruzione di modelli.</p> <p><b>LABORATORIO DI SCIENZE BIOLOGICHE E DELLA TERRA(*)</b> L'ambito dello studio della vita e dell'ambiente intende promuovere lo sviluppo di conoscenze e abilità atte a strutturare quelle spontanee e fenomenologiche acquisite nel ciclo primario, a comporre una mappa di concetti interrelati tra loro in grado di dare nuova forma alla conoscenza della natura costruita precedentemente e a sviluppare abilità di risolvere problemi. E' quindi opportuno individuare percorsi didattici ad elevata valenza formativa come, ad esempio, quello ecologico che comporta ampie aree di connessione tra i diversi campi disciplinari e che evidenzia le interazioni tra vita e Terra.</p>
<p><b>SCUOLA SECONDARIA</b></p>	<p>Triennio conclusivo (16 -18 anni)</p>	<p><b>FISICA, CHIMICA, BIOLOGIA, SCIENZE DELLA TERRA</b></p> <p>L'insegnamento delle scienze negli ultimi tre anni della scuola secondaria deve portare gli studenti ad individuare le strutture portanti delle singole discipline, che pertanto saranno insegnate separatamente sia in area equivalenza, sia in area d'indirizzo per gli indirizzi di orientamento scientifico e tecnologico. Nell'insegnamento saranno tenuti nel debito conto lo stretto legame tra ricerca scientifica e sviluppo tecnologico, la loro integrazione reciproca, la loro necessaria differenziazione ed il ruolo fondamentale che le idee scientifiche e la loro evoluzione nel tempo hanno avuto nella storia dell'umanità.</p> <p><b>Area di equivalenza.</b> La cultura scientifica costituisce componente indispensabile della formazione di tutti i cittadini nel mondo contemporaneo dove essa estende la propria sfera di azione sui fatti che riguardano la vita fino ad inserirsi a fondo nella sfera dei giudizi di valore. Pertanto in quest'area l'insegnamento delle scienze deve fornire elementi di fisica, chimica e biologia moderne per inquadrare i risultati scientifici e le applicazioni tecnologiche più importanti del ventesimo secolo, la natura dei problemi aperti e le tendenze della ricerca e mettere in evidenza l'importanza sociale dell'attività scientifica attraverso la discussione dei rapporti che legano scienza, tecnologia e società.</p> <p><b>Area di indirizzo.</b> Tutte le scienze (fisica, chimica, biologia, scienze della Terra e astronomia) saranno presenti nelle aree di indirizzo dei licei scientifici e tecnologici. L'insegnamento sarà prevalentemente mirato alla sistemazione concettuale, alla formalizzazione e all'approfondimento contenutistico e metodologico delle singole discipline al fine di fornire agli studenti una formazione diretta a facilitare l'accesso a corsi di laurea dell'area scientifica, di formazione tecnica integrata (IFTS) o di formazione professionale avanzata.</p>

(\*) La denominazione degli ambiti e delle discipline è provvisoria.

## Chimica e poesie

Uno degli obiettivi dei Progetti di Educazione Ambientale su "Aria" e "Rifiuti" dell'ITCG "Oriani" di Faenza, è stato quello di avvicinare e di fare incontrare gli alunni con i Servizi presenti nel territorio e preposti alla gestione, al controllo ed alla tutela della salute, dell'ambiente e del cittadino. Il lavoro è stato seguito dalle insegnanti Malpezzi Maria Cristina (docente di Scienza della Materia) e Carli Moretti Donatella (docente di discipline Giuridiche-Economiche). Gli alunni hanno organizzato a scuola un talk show, condotto da due alunne. Tra gli elaborati riguardanti il tema "aria" gli alunni della classe 2C IGEA hanno scritto alcune poesie, ne proponiamo due come testimonianza di giovani che sanno esprimere sensibilità e creatività su aspetti della realtà considerati troppo spesso solo oggetto di studio da parte di tecnici del settore.



### L 'Aria

L 'aria che cos'è?  
S ono tante cose ma nulla è,  
è una miscela  
che ci tiene uniti nella sua ragnatela  
in un'unica parola è la vita intera.

S ilvia Pazzi



### Aria

Quattro lettere, una parola  
S u cui non si ferma a pensare la gente,  
U n significato che si sorvola,  
P erché per molti non vuol dire niente.  
M a se ti fermi e pensi un momento  
T i accorgi che è ciò che è intorno a te,  
L 'atmosfera è aria, è aria il vento,  
M a nessuno mai si chiede il perché!  
L 'aria, come si può osservare?  
P rova a chiederlo ad un bambino,  
F orse dià che non la puoi guardare,  
M a che ti sta sempre vicino.  
F orse dià che non puoi toccarla,  
M a che c'è in ogni condizione,  
N on c'è bisogno di cercarla,  
P erché è in ogni situazione.  
L o dicono tutti e non è sbagliato,  
M a è una risposta un pochino banale,  
N oi sappiamo di più, lo abbiamo imparato,  
N oi sappiamo perché l'aria è speciale!  
S appiamo gli strati dell'atmosfera,  
S appiamo di cosa è costituita,  
S appiamo anche in passato com'era,  
S appiamo perché non si prende con le dita.  
E ancora di più, non ho detto tutto,  
S appiamo di più, non è finita,  
S appiamo di più, ma soprattutto:  
S appiamo che l'aria è fonte di vita!!!

V alentina T ronconi



## IX Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica

### PRIMA CIRCOLARE

Il IX Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica si terrà a **Modena nei giorni 25, 26 e 27 ottobre 2001**, organizzato congiuntamente dal Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC), dall'Università di Modena e Reggio Emilia e dall'Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Modena.

Il Convegno prevede conferenze di relatori italiani e stranieri e comunicazioni su qualsiasi argomento relativo alla storia e ai fondamenti della chimica. Nel corso del convegno si terrà l'assemblea dei soci del GNFSC.

Entro il 28 febbraio 2001 dovranno pervenire le schede di adesione con il titolo (provvisorio) dell'eventuale comunicazione che si intende presentare.

Entro il 31 marzo 2001 dovranno pervenire i titoli definitivi accompagnati da un breve riassunto (una o due pagine dattiloscritte) con eventuale bibliografia. L'accettazione delle comunicazioni è soggetta al parere insindacabile del Comitato Scientifico del Convegno.

La seconda circolare sarà inviata a tutti coloro che restituiranno la scheda di adesione.

Le quote di partecipazione sono così fissate:

- soci del GNFSC e insegnanti delle scuole secondarie: L. 50.000
  - non soci: L. 100.000
- 

#### SCHEDA DI ADESIONE

da restituire compilata entro il 28.02. 2001 a:

Prof. P. Mirone, Dipartimento di Chimica, Via Campi 183, 41100 Modena

Intendo partecipare al IX Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica e chiedo di ricevere la seconda circolare.

Cognome e nome .....

Ente di appartenenza .....

Indirizzo per l'invio della 2<sup>a</sup> circolare .....

Desidero presentare una comunicazione scientifica:      SI                       NO

Titolo provvisorio .....

.....

Data .....

Firma .....