

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

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

CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

**Specialisti nella produzione di trappole e colle
per la cattura...
sistemi di lotta integrata
MIUR, Ministero della Salute**



LA TRAPPOLA
CHIMICA

ENTROPIA
DISORDINE CONCETTUALE

COSTRUIRE I CONCETTI
DI ACIDO E DI BASE



Anno XXV
Maggio - Giugno 2003

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: pasquale.fetto@cunibo.it

Comitato di redazione

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

Comitato Scientifico

Luca Benedetti, Aldo Borsese, Carlo Busetto,
Rinaldo Cervellati, Giacomo Costa (*Presidente
della Divisione di Didattica*), Franco Frabboni,
Gianni Michelon, Ezio Roletto, Eugenio
Torracca

Editing

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

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

Italia • 50 - Paesi extracomunitari • 62
Fascicoli separati Italia • 12
Fascicoli separati Paesi extracomunitari • 15

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

Ufficio Abbonamenti

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

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

La riproduzione totale o parziale degli articoli
e delle illustrazioni pubblicate in questa rivis-
ta è permessa previa autorizzazione della Di-
rezione

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

La trappola chimica **69**
di *Paolo Mirone*

Comunicato del Presidente **70**

HIGHLIGHTS

Intervista a Mary Virginia Orna **72**
di *Liberato Cardellini*

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Entropia: disordine concettuale **76**
di *John P. Lowe*

Costruire i concetti di acido e di base **81**
Un uso didattico della storia della chimica

The concepts of acid and base
Historical evolution
di *B. Caccetta, G. Gallo, A. Regis, D. Vione, E. Roletto*

COMUNICAZIONI BREVI

Mi sia permesso di entrare nell'agone **92**
di *Ermanno Niccoli*

RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA **94**
Imparare ad insegnare
di *Ermanno Niccoli*

ACHILLE E LA TARTARUGA **96**
Nobel
di *Francesca Turco*

DALLA DIVISIONE **97**
Ossevazioni delle Associazioni, ANISN, AIF, DDC,
sul curriculum di scienze inviate al Ministro Moratti

DALLA REDAZIONE **71**
La trappola chimica: i commenti dei soci SCI

LETTERE **91**

La trappola chimica

Che cosa può richiamare alla mente un titolo come “La trappola chimica”? Per quanto mi riguarda, la prima cosa a cui ho pensato quando ho visto il libretto così intitolato e diffuso nelle scuole dai due Ministeri della Salute e dell’Istruzione nell’ambito della MISSIONE SALUTE, è stata la trappola a feromoni che si usa per catturare i maschi di qualche specie di insetti nocivi e impedirne così la riproduzione. Ma ho dovuto ricredermi quando ho letto il sottotitolo: “Droghe - Alcol - Tabacco - Doping - Anabolizzanti.

Allora perché tirare in ballo la chimica? Tutto ciò che ci circonda - l’aria, le acque, gli esseri viventi, gli oggetti inanimati - è chimica, in quanto è formato da molecole o da altre strutture più complesse ma sempre costituite da atomi tenuti insieme da legami chimici. Perciò l’uso indiscriminato dell’aggettivo *chimico* è privo di senso: sarebbe come aggiungere l’aggettivo *umano* ogni volta che si nomina un uomo.

È vero che l’aggettivo *chimico* è usato spesso in un altro senso, cioè col significato di *sintetico*, ossia prodotto dall’industria o nel laboratorio chimico; ma in questo senso non può certo applicarsi all’alcol e al tabacco, e neppure a droghe come l’oppio, la cocaina, la canapa indiana.

È probabile che la chimica sia stata chiamata in causa nell’opuscolo ministeriale per effetto di un eccesso di zelo. Gli autori, forse dubbiosi sull’efficacia dei tradizionali argomenti contro l’uso della droga, devono aver avuto l’idea luminosa di “rinforzare il messaggio” associando la droga con qualcosa di ancor più temibile e ripugnante. Non c’è da stupirsi che la loro scelta sia caduta sulla chimica: questa soffre da tempo di un’im-

magine negativa, come se fosse la madre di tutti gli inquinamenti. E’ innegabile che questa immagine sia in parte l’effetto di alcuni gravissimi incidenti dovuti a errori umani (Seveso, Bhopal) o a mancanze di prevenzione come nel caso delle morti di lavoratori causate dal cloruro di vinile a Marghera. Ma in parte maggiore la cattiva fama della chimica è il risultato di disinformazione giornalistica e di abusi della pubblicità (ricordate lo slogan “Via la chimica dal pane!” e la pubblicità del prosciutto “senza chimica”?)

Il brano più urtante e diffamatorio si trova a pag. 14. Sotto il titolo “Chimica!”, corredato da un occhiello (Traiettorie tossiche) e da un sottotitolo (Qualcuno gioca a dadi con la morte) la vignetta mostra un losco individuo indicato come *drug designer* (evidentemente gli autori ignorano che in inglese *drug* significa non solo droga ma anche farmaco e che *drug designer* è il ricercatore che progetta nuovi tipi di farmaci). L’individuo impugna con una mano una provetta e con l’altra un matraccio fumante, mentre un ratto gli si arrampica sulla spalla e altri due osservano con aria preoccupata. Il testo recita: “L’uomo è contento e mischia le sostanze: liquidi e polveri. Una busta gli si rompe fra le mani. Il pavimento è come una discarica: **un mix di chimica e sporcizia**” (grassetto nell’originale). Raccoglie quel che trova e ricomincia” (sembra che per gli autori il posto giusto per la chimica sia per terra insieme alla spazzatura).

L’intento di calcare la mano sui lati sospetti della chimica emerge anche dal glossario di pag. 39, dove alla voce “Droga sintetica” si legge: “droghe prodotte in laboratorio utilizzando sostanze

chimiche di dubbia provenienza” (come se una droga sintetizzata partendo da sostanze di provenienza certa non fosse dannosa all’organismo). In conclusione si può dire che, sia pure a fin di bene, la chimica è stata arruolata (o per dir me-

glio intrappolata) nella MISSIONE SALUTE al solo scopo di sfruttarne l’immagine negativa che ha agli occhi di gran parte del pubblico. In sostanza, è servita per fare un’opera di disinformazione.

LA DIVISIONE DI DIDATTICA AL CONGRESSO DELLA SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

Questo numero di *Chimica nella Scuola* appare a ridosso del XIII° Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana. Si tratta di un evento eccezionalmente importante per la Società, per la coincidenza con la ricorrenza del centenario del premio Nobel per la chimica Giulio Natta. Ricordare Giulio Natta alla presenza di tanti illustri e autorevoli protagonisti e testimoni dei progressi della scienza chimica è l’occasione per richiamare alla memoria una stagione felice della scienza e dell’industria chimica italiana. Ricordarlo in un momento che non è brillante per l’economia del Paese e per le prospettive della ricerca scientifica è anche l’occasione per esaminare criticamente la particolare situazione attuale, le potenzialità ma anche gli ostacoli che la chimica incontra su diversi fronti: la ricerca scientifica, la sua posizione nel sistema scolastico e universitario, l’immagine che ne ha la pubblica opinione.

Queste righe sono appunto dedicate al contributo che la Divisione di Didattica Chimica sta portando e programma di portare nel prossimo futuro, assieme alle altre Divisioni della SCI, alle molteplici sfide che la nostra disciplina sta affrontando in questo difficile momento.

Finisce quest’anno un mandato di presidenza della Divisione. Il regolamento della SCI prevede il triennale avvicendamento alla guida delle Divisioni. Questa norma assicura l’alternanza delle responsabilità ma presuppone anche una concordanza di strategie e continuità di azione in un gruppo dirigente coeso. Tre anni sono infatti appena sufficienti, per indicare possibili obiettivi per il medio - lungo termine.

Questo è quindi anche anno di proposte strategiche.

I problemi che la scuola italiana, dalla materna all’Università, ha in sospeso da decenni, vanno aggravandosi con la rapida evoluzione del contesto sociale, economico e tecnologico e rendono con sempre maggiore drammaticità necessarie riforme negli ordinamenti e nei contenuti. Recentemente voci allarmate si sono levate denunciando la crisi della scuola, invecchiata nei contenuti e nei metodi, dichiarandola incapace ormai di adeguarsi ai bisogni della società tecnologica e di mantenere i contatti con le nuove generazioni. Si cercano le ragioni dei fallimenti della didattica. Si fantastica di una mutazione antropologica rivelata dal diverso modo di pensare dei giovani. Si invoca una riforma dell’insegnamento fondata su una riforma di pensiero. Altre forme di comunicazione cercano di integrare o di aggirare la funzione della scuola: la televisione, l’informatica, l’immaginario scientifico. Può darsi che si sia sulla via di una nuova didattica.

Il progresso tecnologico sta cambiando rapidamente le nostre vite. Ci offre nuove opportunità ma ce ne presenta anche i prezzi con l’ecologia e la bioetica. I rapporti fra scienza e tecnologia cambiano. La tecnologia onnipotente condiziona ormai la scienza coinvolgendola col fissare a questa, attraverso il mercato, le condizioni economiche entro le quali mantenere la sua ormai ridotta libertà. Sempre più sofisticata, la tecnologia indica frontiere nuove ed esige contributi scientifici e specializzazioni professionali sempre più raffinemente interdisciplinari.

In questo nuovo contesto è più evidente il confronto culturale fra le esigenze

del “fare” presentate dalla tecnologia e dall’economia e l’aspirazione al “capire” che può essere soddisfatta solo da una cultura umanistica, integrata con una formazione scientifica fondata sulla scienza pura. Ogni riforma della scuola deve prendere atto, con approfondite analisi psicologiche, dei processi di comunicazione, insegnamento e apprendimento nei giovani d’oggi e dei necessari adeguamenti pedagogici. In particolare questi adeguamenti implicano, oggi, la difesa del pensiero scientifico.

I modi per adeguare la formazione scientifica nella scuola, sono da tempo oggetto delle ricerche nella nostra Divisione i cui risultati, che hanno assunto importanza in occasione del progetto di progetto di riforma Berlinguer - De Mauro, sono stati pubblicati su questo periodico, e raccolte in rapporti e volumi.

Proprio in relazione all’espandersi delle conoscenze scientifiche e la crescente necessità di una formazione scientifica interdisciplinare la Divisione, ha scelto una nuova strategia. In un incontro pubblico svoltosi occasione del XII Congresso di Trieste nel novembre 2001, i Presidenti delle tre Associazioni nazionali: degli insegnanti di chimica (le nostra Divisione) insegnanti di fisica (AIF), e insegnanti di Scienze Naturali (ANISN) hanno avviato la collaborazione fra le tre Associazioni per la promozione dell’insegnamento integrato delle tre discipline ai vari livelli e percorsi scolastici. La collaborazione attiva si è concretata nell’analisi e nella discussione dei primi documenti illustrativi del progetto di riforma Moratti che ha sostituito il progetto Berlinguer De Mauro. I congressisti troveranno in questo numero di “Chimica nella Scuola” la let-

tera che la divisione ha inviato al MIUR in risposta alla richiesta della nostra libera valutazione e delle nostre eventuali osservazioni ai documenti riguardanti il primo ciclo scolastico.

Questa risposta è stata concordata con l'AIF e l'ANISN e rappresenta uno dei risultati importanti raggiunti dalla strategia di collaborazione che ha ispirato i nostri lavori

Riteniamo importanti e non solo per la chimica, i ministeriali "profili educativi, culturale e professionale dello studente alla fine del primo (6-14 anni) e del secondo ciclo di istruzione". Essi ci presentano un ragazzo, e poi un giovane, preparato a trovare la sua strada in una di otto ben determinate aree professionali (gli otto licei), o semplicemente posto in grado di servire in definiti mestieri. Vi sono indicazioni per una istruzione umanistica nella quale le scienze avrebbero una funzione ermeneutica mentre per il percorso della formazione professionale prevarrebbero competenze tecniche per un lavoro esecutivo.

Un errore grave riguarda l'impostazione culturale che subordina la necessità di "capire" alla importanza del "fare", come se fosse meno importante che tanti capiscano piuttosto che tutti sappiano lavorare. Nel profilo ministeriale non trova, a nostro avviso, spazio sufficiente la formazione scientifica, indispensabile come sostegno complementare alla formazione del cittadino. An-

che una funzione ermeneutica della scienza con riferimento alla difesa dell'ambiente e della salute, richiede l'integrazione di una formazione scientifica accanto alla formazione umanistica. Non è ancora individuabile nei profili culturali preparati dal ministero il ritratto di un futuro scienziato o anche di una personalità liberamente creativa. La critica che facciamo ai contenuti dell'insegnamento delle scienze indicati dagli obiettivi generali e dagli obiettivi specifici del percorso scolastico, è lo scarso coordinamento fra l'insegnamento della fisica, della chimica e delle scienze naturali. E' un errore didattico grave che ignora il crescente carattere interdisciplinare delle moderne teorie scientifiche e della tecnologia. Sui modi di chiudere queste falle culturali pericolose, le Associazioni stanno tuttora lavorando.

Favorita da una didattica nella quale la chimica ha ancora una posizione troppo distinta rispetto alle altre scienze e da una divulgazione scientifica che emargina la chimica, la disinformazione sul contributo della scienza chimica alla spiegazione dei fenomeni naturali e alle nuove tecnologie è la causa principale del suo isolamento e dell'immagine popolare di scienza malefica. Il livello a cui è giunta questa disinformazione è dimostrato di quell'infortunio che è stato la diffusione del famigerato fascicolo "La trappola chimica".

Occorre quindi rinnovare la didattica.

Questo non potrà avvenire solo con la scuola mediatica. Il computer, si è detto, è solo un cretino velocissimo – e non è certo in grado di formare cervelli, per rinnovare la didattica occorre capire come funzionano i cervelli dei giovani d'oggi e come possiamo renderli capaci di comunicare idee meditate, anche lentamente, piuttosto che sciocchezze improvvisate istantaneamente!

Questo lavoro dovrà iniziare dall'indagine psicologica della evoluzione del pensiero giovanile nell'attuale contesto sociale. È sperabile che i risultati di questa indagine suggeriscano novi approcci pedagogici.

Una situazione particolarmente favorevole all'azione della nostra Divisione si è determinata dal sostegno essa ha avuto dal Consiglio Centrale della SCI. Sostegno che non è mai stato così pronto e convinto. L'appoggio delle Commissioni "Immagine della chimica" e "formazione" e l'aiuto finanziario costituiranno, io spero, strumenti di intervento in sostegno della didattica e saranno un indispensabile investimento in idee e mezzi materiali per il futuro della chimica. Questo congresso ci offre l'occasione di discutere assieme con tutte le Divisioni della Società una strategia comune per riaffermare la funzione della chimica assieme alla fisica ed alle scienze naturali come scienze sperimentali di base per una cultura scientifica integrata a disposizione di tutti.

La trappola Chimica



La redazione continua la pubblicazione delle lettere di protesta riguardante la nota vicenda della "Trappola Chimica"



Giorgio Nebbia

Professore Emerito di Merceologia
Via Nomentana 891- 00137 Roma
Tel 06-822-377
Email: nebbia@quipo.it
cnc@chimici.it

Caro direttore,

ho letto con interesse la lettera "Attacchi alla chimica", scritta dai professori Natile e Costa e pubblicata sulla sua rivista "Il Chimico Italiano", 13, (2), 8 (marzo-aprile 2002). È vero che nel parlare comune troppo spesso "chimica" è parolaccia e viene associata a cose sgradevoli: l'inquinamento chimico, gli additivi chimici, la diossina di Seveso, eccetera. Quasi contrapposta a qualcosa di virtuoso che sarebbe "naturale", come gli alimenti naturali (o "biologici"), l'acqua in bottiglia naturale, eccetera.

L'equivoco e la confusione nascono, a mio modesto parere, da vari fattori. Il primo ha le sue radici nella scuola dove la chimica come disciplina è relegata ad un ruolo secondario ed è spesso insegnata male, senza amore, come dimostra il ricordo angoscioso — il ricordo delle "formule", spesso incomprensibili — rimasto a coloro che hanno dovuto subirla per un anno in qualche scuola superiore.

Capita così di leggere articoli, scritti da giornalisti certamente bravissimi, che il loro direttore licenzerebbe se non sapessero

scrivere correttamente il nome di Freud o di Heidegger, i quali con assoluta sicumera parlano di celle fotovoltaiche al silicene (o di seni artificiali al silicio); o che parlano di una imposta sul carbone quando invece tale imposta è proporzionale al contenuto di carbonio presente nei vari combustibili fossili: petrolio, gas naturale e anche carbone, naturalmente: eccetera.

La seconda fonte di ignoranza chimica va cercata nell'Università dove esistono migliaia di bravissimi professori delle varie branche della chimica, che raramente sono capaci, o hanno voglia, di parlare della chimica alle persone comuni. I più abili comunicatori non vanno al di là di una melensa difesa di ufficio dell'industria: della chimica non si deve parlare male — essi dicono — perché tutti noi siamo fatti di sostanze chimiche, dai capelli, al sangue, alla carne (il che è rigorosamente vero); perché tutti gli oggetti che ci circondano — il cibo, il cemento, il vetro, gli indumenti — contengono atomi e molecole chimiche (il che è vero); perché "alla chimica" si de-

Continua alla pag.95

Un'intervista a MARY VIRGINIA ORNA

Mary Virginia Orna ha conseguito la laurea B.A. in chimica presso il Chestnut Hill College, Philadelphia, la laurea M.S. in chimica e il Ph.D. in chimica analitica presso la Fordham University, New York City. Ha anche conseguito una laurea M.S. in cultura religiosa presso la Catholic University of America, Washington, D.C. nel 1967.

Insegnante di Chimica al College of New Rochelle, New York, è stata direttore dei servizi educativi ed editore della rivista *Chemical Heritage* alla *Chemical Heritage Foundation*; è presidente del "ChemSource, Inc.", un insieme di risorse per preparare i futuri insegnanti di chimica e aggiornare quelli in servizio. Ha condotto importanti ricerche su antichi manufatti del Medio Oriente e su manoscritti medioevali e tra i primi al mondo ha sviluppato corsi di chimica indirizzati all'arte e all'archeologia. Ha ricoperto una moltitudine di incarichi e ha accettato gravose responsabilità, tra le quali quella di organizzare il programma per la 14th Biennial Conference on Chemical Education, svolta alla Clemson University nel 1996. Tra i numerosi riconoscimenti, nel 1984 ha ricevuto il Chemical Manufacturers Association's Catalyst Award per l'eccellenza dell'insegnamento della chimica, nel 1989 Professor of the Year e National Gold Medalist Award; sempre nel 1989 ha ricevuto il Merck Innovation Award e nel 1996 il James Flack Norris Award, per i risultati straordinari nell'insegnamento della chimica. Nel 1999 le è stato assegnato il George C. Pimentel Award dell'American Chemical Society.

È stata Fulbright Fellow in Israele nel 1994-95, dove ha insegnato nell'Hebrew University, nel Weizmann Institute of Science e nello Shenkar College of Textile Technology.

Attualmente insegna un corso di "Chimica e colore" come Visiting Professor

LIBERATO CARDELLINI

all'Università di Notre Dame de Namur a Belmont, California e ricopre anche l'incarico di Publications Coordinator per il *Journal of Chemical Education*.

1 - Come mai ha incontrato il Primo Ministro Yitzhak Rabin e il Presidente Weizmann?

Ho incontrato il Primo Ministro Rabin durante un periodo di studio in Israele, come beneficiaria di una borsa di studio Fulbright. La mia nomina comportava diversi incarichi — insegnare un corso per la laurea all'Hebrew University, insegnare un corso di metodi a insegnanti di chimica delle scuole superiori al Weizmann Institute of Science ed insegnare e fare ricerca allo Shenkar College of Textile Technology. Allo Shenkar College ho insegnato un corso universitario in tecnologia del colore e ho fatto ricerche in archeologia chimica nella fondazione Sidney M. Edelstein per lo studio dei tessuti antichi e dei manufatti che si potevano collegare ai tessuti. Mentre ero allo Shenkar, c'è stato un banchetto in onore di Rabin come parte delle cerimonie associate con la riunione del comitato dei governatori del college. Ho partecipato al banchetto sia come visiting professor e sia come rappresentante del Dipartimento di Stato degli Stati Uniti, poiché tutti gli studiosi Fulbright venivano anche invitati ad un ricevimento per incontrare il presidente di Israele, a quel tempo Ezer Weizmann. E siamo anche stati ospiti all'Ambasciata Americana in diverse occasioni. Il Presidente Weizmann mi ha ricevuto insieme con gli altri membri della delegazione Fulbright dagli Stati Uniti nell'ambito delle relazioni formali che ciascun governo ha con i borsisti Fulbright.

2 - Che cosa è l'Archeologia Chimica?

L'Archeologia Chimica è semplice-

mente una estensione di due aree differenti della chimica: la Chimica Analitica e la Storia della Chimica. L'Archeologia Chimica cerca di analizzare manufatti importanti del passato — da un passato molto lontano in alcuni casi ad un passato più recente in altri casi — e di situare i risultati nel contesto della chimica e delle conoscenze dei tempi moderni. Spesso, i soggetti di studio dell'Archeologia Chimica sono dei frammenti di varia estensione, a seconda dei tipi di materiali studiati; per esempio, metalli, pietra, vetro, materiali organici, ecc. In altre situazioni l'enfasi viene posta sul metodo strumentale che viene usato per il lavoro, cioè, datazione del carbonio radioattivo (il più famoso), spettroscopia di massa, analisi termica differenziale, ecc.

3 - Quali sono stati i risultati più importanti delle sue ricerche?

Ho concentrato il mio interesse e la mia ricerca in due aree: i pigmenti usati nei manoscritti medioevali, specialmente quelli dell'Armenia e dell'impero Bizantino [1] e i coloranti usati nei tessuti antichi, particolarmente quelli che sono stati ritrovati nell'area del Medio Oriente [2]. Nel primo caso i miei risultati hanno mostrato che alcune delle informazioni riportate nei libri di storia dell'arte devono essere riscritte, perché basate su informazioni rinvenute negli scritti del passato e non su analisi chimiche attuali. Per esempio, viene accettato comunemente che il verde malachite era il pigmento più comunemente usato nei manoscritti durante il medioevo. Dai risultati delle mie analisi non ho trovato un singolo esempio dell'uso del verde malachite in tutti i manoscritti che ho studiato fino ad ora. Questo non vuol dire che il verde malachite non sia mai stato usato e neppure significa che i manoscritti che ho analizzato sono esemplari rappresentativi di quello che esiste, ma che è necessario riesaminare un tale affermazione alla luce dei risultati delle analisi. In un altro esempio ho trovato che virtualmente tutti i manoscritti dell'Armenia usano esclusivamente pigmenti

minerali con l'eccezione dell'uso della radice rossa della robbia. D'altra parte, virtualmente in tutti i manoscritti Bizantini vengono usati pigmentati di origine organica con l'eccezione dell'uso del vermiglione (cinabro) e del blu oltremare naturale.

4 - Com'è iniziata quest'avventura?

Le mie avventure nelle aree dell'arte, della storia e dell'archeologia sono cominciate in una maniera veramente molto modesta. Mi è stato chiesto d'insegnare un corso di chimica a degli artisti —cosa per la quale non mi sentivo preparata a sufficienza e così ho cercato aiuto. L'aiuto mi è venuto nella forma di un permesso sabbatico al New York University Institute of Fine Arts dove ho incontrato molti storici dell'arte e conservatori del museo con i quali ho incominciato un lavoro di collaborazione. Uno dei miei primi compiti è stato quello di analizzare i pigmenti dei manoscritti medievali risalenti al periodo dall'ottavo al quattordicesimo secolo, incominciando col Gladjor Gospel Book (XIV secolo, Foto 1) e per finire con alcuni dei manoscritti ancora oggi esistenti più antichi al mondo, ora conservati nella biblioteca Armena di San Lazzaro in Venezia. Da quello che conoscevo, nulla mi faceva presagire che queste analisi avrebbero prodotto risultati così affascinanti. Abbiamo scoperto che l'uso di un pigmento che i libri di storia dell'arte pretendevano venisse usato in quel secolo, non è stato scoperto che diversi secoli più tardi; ab-



Foto 1. "La Visitazione", un dipinto del Gladjor Gospel Book.

biamo anche trovato alcune ricette di pigmenti blu [3] che non erano state mai trovate in nessun'altra biblioteca tra i prodotti noti ed abbiamo anche scoperto diverse falsificazioni fra i manoscritti analizzati.

Come insegnante, ho potuto incorporare i miei studi e questi risultati nel corso che ho sviluppato per gli studenti d'arte in un modo tale che essi potevano rendersi conto di come la chimica sia collegata con i loro interessi e, d'altra parte, come lo studio scientifico dei dipinti medievali sia ancora nella sua infanzia.

5 - E i suoi studi sui tessuti riportati alla luce dalla fortezza di Masada?

L'Israel Antiquities Authority ha con-



Foto 2. Un dipinto del "Archaic Mark", un manoscritto conservato nella Biblioteca Regenstein dell'Università di Chicago; esso veniva fatto risalire al trecento. Questo dipinto è un falso e la scoperta della falsificazione è stata possibile tramite le indagini di Mary Virginia Orna. Il manoscritto è in realtà stato fatto intorno al 1920.

cesso alcuni campioni di tessuti ritrovati negli scavi a Masada, al centro Edelstein per l'analisi dei tessuti Mediorientali e dei manufatti ad essi collegati, che è situato allo Shenkar College of Textile Technology, in Ramat-Gan (vicino a Tel Aviv).

Tre giorni alla settimana del mio incarico Fulbright li passavo allo Shenkar dove ho collaborato col Direttore del centro, Prof. Zvi Koren.

Abbiamo lavorato insieme per sviluppare un metodo di analisi dei colori su quei campioni di tessuti e alla fine, tra tutti i metodi provati, abbiamo scelto l'HPLC (high performance liquid chromatography) perché questa tecni-

ca permetteva di lavorare su quantità dell'ordine del nanogrammo di colorante ed ancora era in grado di fornire risultati piuttosto buoni.

I risultati di queste analisi sono stati pubblicati in diverse monografie dal-

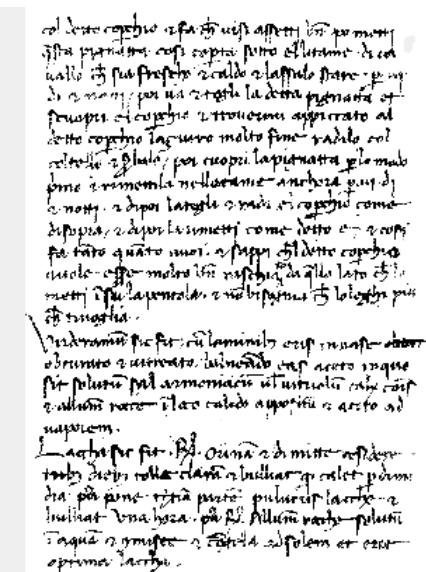


Foto 3. Una pagina del manoscritto 1243 (pagina 48 verso) della Biblioteca Riccardiana di Firenze. Questa pagina ed altre del manoscritto contengono ricette per vari pigmenti.

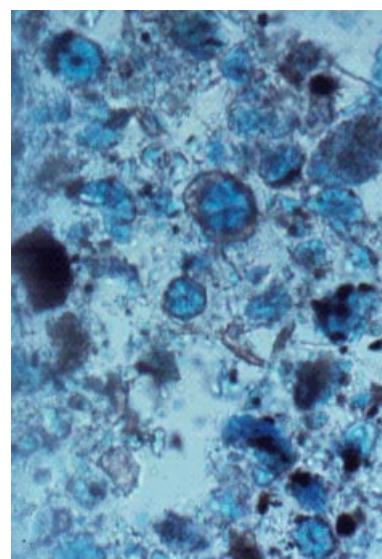


Foto 4. Una microfotografia (40X) di un pigmento ignoto fatto da una ricetta medioevale del quattrocento trovata nella biblioteca della Trinity University di Dublino. I cristalli assomigliano quelli di una forma di carbonato di calcio, però questa forma particolare non esiste nei cataloghi della American Chemical Society. Nonostante i numerosi tentativi, non è stato possibile ottenere cristalli di dimensioni convenienti per studi cristallografici.

l'Università di Tel Aviv e dall'Israel Antiquities Authority. Un sommario di questi e molti altri fatti interessanti sui colori antichi possono essere trovati in un mio libro [4].

6 - Ci dica qualche cosa della sua istruzione: perché ha deciso di studiare chimica?

Devo riconoscere che devo a mio fratello il mio primo interesse per la chimica. Quando lui aveva 8 anni, e io ne avevo 10, come regalo per Natale ha ricevuto il piccolo chimico. Dato che mio fratello non mostrava il benché minimo interesse nella cosa, ho incominciato a fare esperimenti e sono rimasta completamente incantata dai risultati e affascinata da quello che avrei potuto fare con il piccolo chimico. Se non avessi avuto un fratello, probabilmente nessun set di chimica avrebbe mai potuto raggiungere la nostra casa. Questo primo interesse è stato poi alimentato da un insegnante di Chimica veramente meraviglioso, alle scuole superiori. Ed è stato così che ho deciso di specializzarmi in chimica nel college e certamente questo interesse è maturato e ha continuato a sostenersi per la laurea e oltre.

7 - Ha già descritto la sua odissea nell'apprendere come insegnare [5]. Essa va da "Insegna come ti è stato insegnato" a "Insegna come tu hai imparato," perché la prima ricetta non ha funzionato. Potrebbe dirci di più su questo punto centrale?

Ai miei tempi, quando ero a scuola come studente, l'insegnamento era visto in modo "verticale", ovvero, sempre diretto dall'insegnante allo studente. C'era molto poca interazione tra l'insegnante e lo studente, dato che l'insegnante vedeva lo studente come un ricettacolo di conoscenza. Oltre a questo c'era anche poca interazione rispetto alle conoscenze apprese con altri studenti. Questo metodo, che funzionava in modo soddisfacente nel passato, qualche volta funziona ancora. Nel mio caso ha funzionato molto bene perché 1) ero interessata; 2) studiavo molto perché ero interessata; 3) a causa di questo interesse studiavo molti altri argomenti, ben oltre a ciò che mi veniva chiesto di fare; 4) ponevo molte domande, non all'insegnante ma a me stessa e poi cercavo da me stessa le risposte a queste domande. Così oggi si potrebbe dire che ho costruito la mia conoscenza e ho fatto questo senza trovare ostacoli, ma con una scarsa interazione sia con i miei insegnanti e sia con gli altri studenti. Questo tipo di istruzioni ancora funziona per gli studenti molto motivati, che sono disposti a studiare e

riflettere per proprio conto sul materiale che viene loro presentato.

Tuttavia, come ho scoperto all'inizio della mia esperienza come insegnante, un tale tipo di studente è molto raro. Per la maggior parte, gli studenti per imparare hanno bisogno d'interagire sia con l'istruttore e sia l'uno con l'altro. Ed è necessario utilizzare vari metodi didattici perché noi tutti impariamo per vie differenti, a seconda del nostro stile di insegnamento. Dobbiamo trovare la migliore via per ciascuno studente e questo non è un compito facile.

8 - Il sistema scolastico è sempre più costoso: perché vale la pena devolvere così tante risorse per l'istruzione?

Senza istruzione non c'è futuro per la società. La nostra società ha bisogno di gente che pensa, che si prende cura, che è in grado di prendere delle decisioni in modo intelligente. E per promuovere una tale società, non si dovrebbero fare economie sulle spese. Anche se il sistema dell'istruzione sta diventando sempre più costoso, a me sembra che non spendiamo ancora abbastanza. I salari degli insegnanti dovrebbero essere molto più consistenti di quanto non siano ora. Nella nostra società gli insegnanti non sono stimati, quando dovrebbero godere di ben altro prestigio ed essere certamente onorati in quanto sono coloro che preparano e dirigono il futuro della nostra società. Così direi: spendiamo di più, non meno, per l'istruzione ma spendiamo in modo saggio.

9 - È stata un pioniere nello sviluppare corsi di chimica per l'arte e l'archeologia. Quali difficoltà ha incontrato?

In questi nuovi corsi non insegnavo una chimica differente, ma una chimica vista da un diverso punto di vista. La mia scelta, in questi corsi, è stata quella d'insegnare la chimica in base al "bisogno di conoscere" degli studenti — cioè, se l'argomento che insegnavo erano le reazioni di ossidoriduzione, cercavo d'insegnarlo nel contesto della fotografia se lo studente era interessato a diventare un fotografo, dal punto di vista dei pigmenti e della sintesi dei coloranti se lo studente progettava di diventare un artista o un pittore, ecc. Ho sempre insegnato corsi di chimica a studenti che progettavano le loro carriere in aree differenti da quelle degli studenti di chimica e l'ho insegnata con la convinzione che se essi avevano una

conoscenza della chimica, potevano fare quello che avrebbero poi fatto con maggior cognizione e potevano intelligentemente adattarsi al cambiamento delle situazioni. La difficoltà maggiore è sempre stata il fatto che non ci sono libri di testo per questi corsi e le letture da articoli scientifici e da altri giornali professionali variano nel livello della qualità e della profondità, rendendo così difficile assegnare letture per studiare e per poter condurre discussioni. Nella mia carriera ho sviluppato diversi corsi interdisciplinari come "Chimica e colore", "Cibernetica e valori umani" e "Chimica per artisti". Per superare le difficoltà dovute alla mancanza di libri di testo per i corsi — quelli reperibili in commercio non erano adatti sia per livello che per la qualità — ho scritto dei testi [6] per i miei studenti.

10 - Perché la fondazione Chemical Heritage è importante? Qual è la sua missione?

La fondazione *Chemical Heritage* (CHF) ha come sua missione di raccontare la storia della chimica e di mostrare che la scienza è fatta dalla gente — che le persone sono importanti — e indirettamente anche per incoraggiare altri ad abbracciare la professione del chimico come carriera. La CHF è nata nel 1982 con un accordo scritto tra tre organizzazioni, l'American Chemical Society, l'American Institute of Chemical Engineers e l'University of Pennsylvania.

È locata in Philadelphia, al centro dell'Independence National Historic Park — una dimora molto appropriata — e il suo maggiore patrimonio è costituito dalla biblioteca Othmer di storia della Chimica, che con i suoi oltre 50,000 volumi costituisce un patrimonio culturale per gli storici e per tutta la comunità dei chimici. La CHF nel suo complesso promuove anche progetti che sono attuali e vitali per i chimici ed è molto interessata all'insegnamento della chimica. Il nostro costante ritorno alla CHF è che non possiamo capire pienamente il presente e neppure possiamo progettare il nostro futuro a meno che non abbiamo una ferma comprensione del nostro passato.

11 - Ha vinto parecchi premi e riesce a seguire molti impegni. Qual è il segreto per fare tante cose?

Nessuno segreto. Lavorare duro e trovare sempre del tempo per essere utile agli altri.

12 - Cosa fa nel tempo libero, per ricreazione?

Mi piacciono le gare di marcia e spendo almeno un'ora ogni giorno in questo esercizio. Amo anche costruire cruciverba che vengono pubblicati di frequente nel Sunday New York Times, nello SciQuest, nel Clinical Chemistry News, nell'American Laboratory, nel Today's Chemist e in altre pubblicazioni. In questi ultimi anni, dedico anche del tempo a studiare la lingua italiana (ho trascorso in Italia la primavera del 1995 dove ho imparato l'Italiano ed ho studiato manoscritti medioevali e ci sono ritornata nel 2000), sia perché è così bella e sia perché amo ascoltare l'opera, che, musicalmente parlando, è sempre stata il mio grande amore.

13 - La Sindone di Torino è stata datata con radioisotopi come risalente al 13°-14° secolo. Per quali motivi questa datazione potrebbe essere sbagliata?

Alcuni dicono che la datazione potrebbe essere non autentica a causa del punto nella sindone dove è stato prelevato il campione per l'analisi. È stato preso nell'orlo del pezzo di lino e non vicino all'immagine. Perciò si potrebbe trattare di un pezzo di lino che era stato cucito o aggiunto in un'epoca successiva. Altri dicono che poiché il campione era vicino l'orlo, esso sia stato maneggiato (o trattato male) nel passato e questo abbia lasciato sul lino un film bioplastico che non è stato pulito completamente al momento della datazione dell'oggetto. Altri ancora dicono che durante l'incendio del 1532, del carbone moderno della custodia di legno nella quale la Sindone era conservata si sarebbe potuto legare chimicamente al lino e questo certamente darebbe una datazione più recente all'oggetto.

14 - La generazione che ha reso importante la ricerca in didattica viene ora sostituita da una nuova generazione. Come vede il futuro della ricerca in didattica?

La ricerca didattica continua crescere e ad essere importante. Per esempio, solo negli ultimi anni nel *Journal of Chemical Education* è stata creata una sezione dedicata alla ricerca in didatti-

ca chimica e solo recentemente, una laurea in questo settore è stata approvata dalla Società Chimica Americana. Dal mio punto di vista abbiamo soltanto incominciato a scoprire la ricchezza di ciò che può essere guadagnato dal fare ricerca nella didattica della chimica — per scoprire quello che funziona, perché funziona e come possiamo migliorare i risultati già buoni che otteniamo, a beneficio delle prossime generazioni di studenti di chimica.

15 - Una domanda finale e molto personale. Lei è una suora dell'Ordine di Sant'Orsola: quanto ha influito la sua fede religiosa sulla natura e sulla direzione della sua carriera?

La mia fede ha toccato ogni aspetto della mia vita, includendo anche le mie attività nella didattica chimica. Mi sembra di poter dire che veramente tutto ciò che ho fatto, ogni lavoro che ho intrapreso, l'ho fatto perché era qualche cosa che sarebbe stato a profitto dei miei studenti, che vedo come il prossimo che Dio mi ha dato, sia perché mi insegnino, mi diano forza e sia perché possa rinforzare la loro fede. Così, da un certo punto di vista posso dire che tutto nella mia vita è sempre stato come una strada a due direzioni. E in tutto questo mi considero benedetta molte volte, per l'appoggio che ho sempre ricevuto dal mio ordine, dalle sorelle con le quali vivo e dall'entusiasmo dimostrato dagli studenti ai quali ho avuto l'onore d'insegnare.

Bibliografia

[1] T. F. Mathews, S. Merian, M. V. Orna, The Making of an Armenian Manuscript, In T. F. Mathews, R. S. Wieck (Eds.), *Treasures in Heaven: Armenian Illuminated Manuscripts*, The Pierpont Morgan Library: New York and Princeton University Press: Princeton, NJ, 1994; pp. 124-142.
 [2] M. V. Orna, Doing Chemistry at the Art/Archaeology Interface, *The Nucleus*, LXVII, No. 4, December 1996, 9-13.
 [3] M. V. Orna, Copper-Based Synthetic Medieval Blue Pigments, In M. V. Orna (Ed.), *Archaeological Chemistry: Organic, Inorganic and Biochemical Analysis*; American Chemical Society: Washington, D.C., 1996; p. 107-115.
 [4] M. V. Orna (Ed.), *Archaeological Chemistry: Organic, Inorganic, and Biochemical Analysis*, American

Chemical Society: Washington, DC, 1996.
 [5] M. V. Orna, Can Any Good Thing Come Out of Nazareth? (John 1:46); 1999 George C. Pimentel Award Address, *J. Chem. Educ.*, 1999, **76**, 1169-1170.
 [6] M. V. Orna, *Cybernetics and Human Values*, Pflaum Publishing Co.: Dayton, OH, 1969; M. V. Orna, M. P. Goodstein, *Chemistry and Artists' Colors*, 3rd ed., Spaulding Press: Wallingford, CT, 1995.

Altre pubblicazioni rilevanti

M. V. Orna, The Molecular Basis of Form and Color. A chemistry course for art majors, *Journal of Chemical Education*, 1976, **53**, 638-639.
 M. V. Orna, The Chemical Origins of Color, *Journal of Chemical Education*, 1978, **55**, 478.
 M. V. Orna, Chemistry and Artists' Colors. Part I. Light and color, *Journal of Chemical Education*, 1980, **57**, 256-258.
 M. V. Orna, M. J. D. Low, N. S. Baer, Synthetic Blue Pigments: IX-XVI Centuries. I. Literature, *Studies in Conservation*, **25**, February, 1980.
 M. V. Orna, et al., What Is Durability in Artifacts and What Inherent Factors Determine It? In W. E. Krumbein, et al. (Eds.), *Durability and Change: The Science, Responsibility and Cost of Sustaining Cultural Heritage*, John Wiley & Sons: New York, 1994, p. 51-66.
 M. V. Orna, J. B. Lambert, New Directions in Archaeological Chemistry, In M. V. Orna (Ed.), *Archaeological Chemistry: Organic, Inorganic and Biochemical Analysis*, American Chemical Society: Washington, D.C., 1996; p. 1-9.
 M. V. Orna, Fulbright Chronicle, *New England Association of Chemistry Teachers Journal*, 1996, **14** (2), 7-19.
 M. V. Orna, Chemistry at the Interface of History and Art, *Chemistry in Australia*, 1996, **63**, 470-472.
 M. V. Orna, Pigments, In J. J. Lagowski (Ed.), *Macmillan Encyclopedia of Chemistry*, Macmillan: New York, 1997, p. 1213.
 M. V. Orna, Doing Chemistry at the Art/Archaeology Interface, The Norris Award Address, *Journal of Chemical Education*, 1997, **74**, 373-376.
 M. V. Orna, The Chemical Heritage Foundation - Fifteen Years of Service to the Chemical Community, *Journal of Chemical Education*, 1998, **75**, 398-399.
 M. V. Orna, Doing Chemistry at the Art/Archaeology Interface, *NZ Science Teacher*, 1999, **91**, 39-41.

Entropia: disordine concettuale*

Riprodotta con autorizzazione dal Journal of Chemical Education, 1988, 65, pag. 403-406; traduzione di Claudio Giomini

JOHN P. LOWE*

Studente: Buongiorno, professore. Ho alcuni dubbi circa l'entropia. Potremmo discuterne?

Professore: Certo! Entra. L'entropia è uno dei miei argomenti preferiti.

S.: L'avrei giurato dal suo entusiasmo a lezione. Sto cercando di capire cosa sia realmente l'entropia, ma, ogni volta che credo di esserci riuscito, viene fuori un altro esempio che mi sembra in contraddizione con l'idea che mi ero fatto.

P.: (*sorridendo*) È normale: l'entropia è fatta così. Ci ho rimuginato sopra per anni, ma la mia comprensione del concetto non è ancora completamente a punto.

Non dimenticherò mai come mi sembrò imperscrutabile l'entropia quando la incontrai per la prima volta al corso di chimica fisica dell'Università trent'anni fa. Certo, al giorno d'oggi, gli studenti di chimica fisica come te hanno per lo più già incontrato l'entropia in un precedente corso di chimica generale, e forse anche al liceo. Persino i giornali parlano di entropia, al giorno d'oggi. E' diventata un argomento "di culto".

S.: Sì, ho imparato qualcosa su di essa al primo anno. Ma mi sembrava più chiara allora che ora! Infatti, proprio ieri ho riguardato la trattazione che c'è sull'argomento nel mio testo di chimica generale, per avere un aiuto alla comprensione di come esso viene svolto nel testo di chimica fisica, e non capisco come le due trattazioni si correlino.

P.: Mi puoi dare un esempio del tipo di difficoltà che incontri?

S.: Sì. Il testo di chimica generale descrive l'entropia come una misura della casualità, o del disordine, in un sistema. Questo sembra abbastanza chiaro. Il libro dà anche esempi di processi

spontanei che implicano un aumento del disordine, come un gas che si espanda nel vuoto, o la mia stanza che diventi più caotica, o i fiumi che si inquinano. Ma ora stiamo trattando problemi dove le variazioni di entropia non sembrano andar d'accordo con questa descrizione.

P.: A quale tipo di problemi ti riferisci?

S.: Beh, supponiamo di avere una mole di gas neon in un recipiente da 20 litri a 300 K e riscaldarla a volume costante fino a 400 K. L'entropia del gas aumenta. È così?

P.: È così.

S.: Ma a me sembra che la posizione degli atomi sia altrettanto casuale a 400 K come a 300 K. Intendo dire: gli atomi non sono distribuiti in maniera completamente casuale in ambedue i casi?

P.: Hai assolutamente ragione. Ciò che ora stiamo evidenziando è una limitazione nella definizione dell'entropia così come è data nel tuo testo di chimica generale. L'entropia non è solo casualità o disordine posizionale, e il riscaldamento del neon a volume costante ne è un'ottima prova.

S.: Allora, la spiegazione nel testo di chimica generale è sbagliata?

P.: Beh, certamente è incompleta. Sovrasemplificata al punto di essere fuorviante, direi. Tuttavia, in molti casi, fornisce previsioni corrette.

S.: Ma non sempre?

P.: No, non sempre.

S.: Come faccio a capire quando è corretta? E a che cosa ricorro, quando non è corretta?

P.: Cominciamo con la seconda domanda. Poiché sappiamo che il disordine posizionale non può spiegare l'aumento d'entropia che si ha nel riscaldare il neon a volume costante, ci deve essere

un altro tipo di spiegazione per questo caso. Hai un'idea di quale potrebbe essere?

S.: Proprio no. So come calcolare ΔS usando l'integrale dell'energia assorbita diviso per la temperatura assoluta, ma questo non mi fornisce un'immagine mentale analoga al disordine casuale.

P.: Tuttavia, tu sai che cosa succede agli atomi quando riscaldi il neon.

S.: Sì: aumenta la loro energia cinetica media, e si muovono con velocità media più alta.

P.: Quel che vedrai nel prossimo semestre è che l'entropia è correlata al numero di modi in cui un sistema può esistere. Comunque, quando contiamo questo numero di modi, contiamo il numero di modi secondo cui l'energia totale del sistema può esser ripartita tra le molecole.

S.: Temo di non capire ciò che sta dicendo. Come potrebbe applicarsi all'esempio del neon?

P.: Semplifichiamo l'argomento discutendo la situazione per un vero gas ideale. Infatti, a temperature sufficientemente basse, il neon condenserà a liquido e poi diventerà solido, e questo complicherebbe la discussione.

S.: D'accordo.

P.: Immaginiamo il nostro gas all'interno di un recipiente rigido. Una molecola può spostarsi in qualsiasi direzione all'interno del recipiente, ma, sempre per semplificare al massimo l'argomento, mi focalizzerei sul moto in una sola direzione, ad es. la x.

S.: È come la particella in una scatola unidimensionale?

P.: Dove hai sentito parlare di questo argomento?

S.: In chimica del primo anno.

P.: (Non c'è più religione!) Beh, allora tu già sai che le energie che questa particella può assumere sono valori discre-

*Pennsylvania State University

ti, quantizzati, dipendenti da un numero quantico.

S.: Giusto. Vengono fuori dall'adattare le onde di De Broglie alle dimensioni della scatola.

P.: Proprio così. Ora immaginiamo che le nostre molecole di gas ideale possano avere un certo valore minimo E_{min} dell'energia traslazionale.

S.: Zero?

P.: Beh, non proprio. Esse ancora si muovono nella scatola, anche allo zero assoluto. Questa è una delle peculiarità della meccanica quantistica che (grazie a Dio) ancora non è stata messa nei testi del primo anno. Ma, per nostra comodità, possiamo definire la nostra scala di energia in modo tale che quel valore minimo di energia permesso sia il nostro zero.

S.: Così, quando il nostro gas ideale è a zero K, tutte le sue molecole hanno questa energia "zero"?

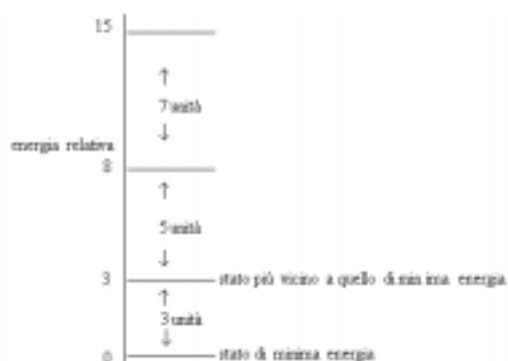
P.: Sì. Ora, su questa scala, il successivo stato energetico che una qualsiasi molecola può assumere possiede tre unità di energia.

S.: Tre? Se ci stiamo definendo una scala per nostra comodità, perché non facciamo una?

P.: Perché questo creerebbe frazioni quando introduco i successivi stati: lo stato immediatamente al di sopra di quello di cui stavamo parlando contiene cinque unità d'energia in più, e il successivo, ulteriori sette. (*Va alla lavagna*)

Ora, una mole di gas è un numero enorme di molecole. Per permetterti di seguire più facilmente la spiegazione, ridurrò questo numero a dieci molecole.

S.: Fin qui, mi sembra di poterla se-



guire: 10 molecole in una scatola unidimensionale, e capaci di avere energie traslazionali di 0, 3, 8, o 15 unità.

P.: Giusto. Ora, come ti avevo già detto, ciò di cui dobbiamo realmente occuparci è il numero di modi in cui questo sistema può esistere. Iniziamo con il caso più semplice: il sistema allo zero assoluto. In quanti modi può esistere?

S.: Lei intende dire in quanti modi posso distribuire un'energia zero tra queste 10 molecole?

P.: Sì.

S.: Mi sembra che ci sia un unico modo: mantenere ogni molecola a $E = 0$.

P.: Giusto. Che cosa sarebbe successo se ti avessi concesso di distribuire una quantità di energia maggiore di zero? Ad esempio, se io somministro al sistema tra 0 e 2 unità di energia?

S.: Hmm... Non vedo modi per far assumere al sistema 1 o 2 unità d'energia, a causa di come abbiamo quantizzato le energie. Penso che ci sia ancora un unico modo: ogni molecola ha energia zero.

P.: Giusto. Ora supponi che "riscaldiamo" il gas fornendogli da 3 a 5 unità d'energia. In quanti modi può esistere ora il sistema?

S.: Vediamo... Non c'è modo per il sistema di accogliere 4 o 5 unità, ma 3 unità dell'energia fornita possono andare ad una molecola...

P.: Giusto...

S.: Ma qualsiasi molecola tra le 10 può assumere questa energia, sicché sembrerebbe possano esserci 10 modi per distribuire l'energia.

P.: Questo certamente sembrerebbe ragionevole. Ma c'è una difficoltà. Esiste una qualche maniera per dire quale molecola ha l'energia in un certo particolare istante?

S.: Penso di no. Poiché le molecole sono identiche, non posso distinguerle l'una dall'altra. Non so nemmeno pensare quali termini potrei usare per dirle quale è quella che possiede l'energia. Intendo dire: cosa potrebbe lei interpretare, se io lei dicessi che è la molecola

n° 7 ad aver assunto l'energia?

P.: In effetti, non potrei dare un significato a quella frase. La cosa migliore che potresti fare è dire che una delle molecole ha tutta l'energia.

S.: Quindi, vuol dire che c'è un solo modo per distribuire l'energia.

P.: È così.

S.: Dunque, noi abbiamo riscaldato il gas, ma non abbiamo ottenuto alcun aumento del numero dei modi secondo cui esso può esistere.

P.: Giusto. Ma stiamo lavorando ad un livello microscopico. Continuiamo ad aggiungere energia. Immaginiamo di avere aggiunto da 6 a 8 unità d'energia. In quanti modi può esistere il gas, ora?

S.: Una possibilità è che 8 unità d'energia siano possedute da una sola molecola. Un'altra è che due molecole abbiano 3 unità d'energia per ciascuna. Due modi dunque?

P.: E' così. Prova ora ad aggiungere da 15 a 17 unità.

S.: Una molecola può avere 15 unità. Due molecole possono avere 8 unità per ciascuna. O una può averne 8, e tre averne 3. O 5 molecole possono avere 3 unità. Questo è tutto ciò che mi viene in mente: quattro modi.

P.: Vedi quello che succede: maggiore è la quantità d'energia fornita, maggiore è il numero di modi secondo cui le molecole gassose possono assumerla. Inoltre, cresce l'energia cinetica delle molecole, il che è come dire che cresce la temperatura.

S.: E l'entropia aumenta perché aumenta il numero dei modi?

P.: Sì. L'entropia è proporzionale al logaritmo del numero dei modi secondo cui il sistema può esistere. Dovrei metterti in guardia sul fatto che noi abbiamo tralasciato alcune sottigliezze relative alla temperatura e all'energia, che vengono trattate attraverso il concetto di insieme statistico. Ma il punto principale che è venuto fuori dalla discussione è che più grande è la quantità di energia disponibile, più sono i modi secondo cui un sistema può immagazzinarla. Questa è la ragione per cui riscaldare un sistema fa sempre aumentare la sua entropia.

S.: Questo approccio mi sembra non

abbia niente a che fare con il disordine posizionale.

P.: È proprio così. Non può aver niente a che fare perché, come hai fatto notare all'inizio, il gas neon non è distribuito più caoticamente ad una temperatura che ad un'altra, per ciò che riguarda la posizione delle molecole. Alcuni testi di chimica generale tentano di includere la nozione di casualità della distribuzione dell'energia accanto a quella della casualità posizionale, ma con scarso successo nella maggior parte dei casi.

S.: Penso di aver capito ora la faccenda del riscaldamento del neon, ma credo di non aver chiaro come la casualità posizionale entri in tutto questo discorso. Lei sta affermando che la casualità posizionale non entra mai nei valori dell'entropia?

P.: No, sarebbe troppo. Ma è vero che raramente consideriamo in modo esplicito la casualità posizionale quando calcoliamo l'entropia di un sistema. Quasi sempre facciamo considerazioni solo sull'immagazzinamento dell'energia. Ma spesso accade che i fattori che portano a un maggior numero di modi per immagazzinare energia, e perciò ad una maggiore entropia, portino anche a una maggior casualità posizionale. Poiché noi, con la nostra mente, possiamo seguire più facilmente il disordine posizionale, la tendenza è di usare questa regoletta pratica qualitativa: l'aumento del disordine posizionale va di pari passo con l'aumento dell'entropia. Per esempio, supponi che diminuiamo il volume della scatola contenente i 10 atomi di gas. Quale effetto si avrebbe sulle energie consentite (in una dimensione)?

S.: Vediamo. Penso che i livelli di energia permessi si alzino e diventino più distanziati, man mano che la scatola si rimpicciolisce. Questo dipende dal fatto che dobbiamo impiegare onde di De Broglie con lunghezza d'onda minore perché si adattino alle dimensioni della scatola.

P.: Eccellente! Ora supponiamo di aver diminuito le dimensioni della scatola in misura tale che le energie permesse risultino raddoppiate: 6 unità, 16 unità, etc.. Mentre tu prima trovavi che da 15 a 17 unità d'energia potevano essere immagazzinate in quattro modi, ora

78 possono esserlo in.....?

S.: Un solo modo, con una molecola

che ha 16 unità. Per la stessa quantità d'energia, in una scatola più piccola si ha minore entropia.

P.: Giusto. Hai raggiunto questa conclusione considerando la energie. Cosa otterresti considerando le posizioni?

S.: La scatola più piccola permette una minor casualità posizionale, e perciò anche questa considerazione mi porta a dire che c'è minore entropia se la scatola è più piccola.

P.: Vedi come funziona? Se a un gas ideale si permette di espandersi nel vuoto, lo fa spontaneamente, L'approccio dal lato energetico vede questo come dovuto al fatto che il volume, più ampio dopo l'espansione, fa sì che i livelli dell'energia traslazionale diventino più ravvicinati, il che a sua volta permette un maggior numero di modi per immagazzinare energia, e perciò una maggior entropia. L'approccio dal lato della casualità posizionale lo vede come dovuto al fatto che il volume più ampio consente maggior disordine posizionale, e perciò maggiore entropia. Questo secondo approccio è più facile da gestire, ed è pedagogicamente più usato a livello introduttivo. Ma non sempre è attendibile, come l'esempio del neon dimostra.

S.: Penso di aver afferrato, ora. Il modo in cui queste idee si correlano è affascinante.

P.: Ancora più interessanti, penso, sono i casi in cui il sistema cambia il suo "carattere", piuttosto che cambiare soltanto di volume.

S.: Intende riferirsi a una reazione chimica?

P.: È possibile; ma anche a un cambiamento di fase, come la fusione del ghiaccio.

S.: Credo che, in quest'ultimo caso, l'approccio del disordine posizionale sia molto semplice da seguire, con il ghiaccio che è un sistema ordinato e l'acqua che è disordinata.

P.: Sì, certo. Quasi tutti i chimici che conosco pensano in questa maniera sull'argomento. Ma se tu tentassi di calcolare la variazione di entropia per questo processo, lo dovresti fare in termini di livelli di energia e di numeri di modi per immagazzinarla, senza considerare esplicitamente le probabilità posizionali.

S.: Temo di non riuscire a vedere come l'approccio in termini di distribuzione dell'energia possa portare ad un aumento dell'entropia per la fusione del ghiaccio. Intendo dire che sono sicuro che quest'aumento ci sia, ma non mi è chiaro il perché avvenga.

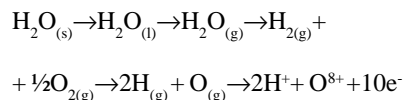
P.: Sembra effettivamente complicato. Ma c'è un modo facile di arrivare al nocciolo del problema. Quando il ghiaccio fonde, vengono a cadere alcune restrizioni al moto delle molecole. Laddove nel ghiaccio le molecole potevano solamente vibrare, nel liquido possono ruotare (NdT). I livelli energetici per la vibrazione e la rotazione sono quantizzati, ma quelli vibrazionali sono molto più distanziati reciprocamente di quelli rotazionali. Perciò l'acqua liquida ha livelli energetici tra loro molto più ravvicinati del ghiaccio, e perciò ha più modi per immagazzinare energia e maggiore entropia.

S.: Quando l'acqua evapora, lo stesso tipo di spiegazione è appropriato?

P.: Sì, a parte il fatto che il rimbalzare qua e là delle molecole nel liquido (che potremmo chiamare vibrazioni o traslazioni in un piccolo recipiente) viene nel gas rimpiazzato da traslazioni entro un volume molto maggiore. I livelli traslazionali che ne risultano sono molto vicini l'uno all'altro, cosicché ancora una volta si ha un aumento di entropia. Naturalmente, si ha anche un aumento del disordine posizionale.

S.: L'approccio del disordine ha una buona attendibilità per questo tipo di processo?

P.: Sì. Spezzare i legami che tengono vincolati gli atomi o le molecole causa una diminuzione del numero dei modi vibrazionali ed un aumento di quelli rotazionali o traslazionali, e fa aumentare il numero di livelli energetici bassi e l'entropia. Fa anche aumentare il disordine posizionale. L'entropia aumenta in ciascuno stadio del seguente processo:



Siamo passati da un sistema privo di moti traslazionali ad uno avente soltanto moti traslazionali.

S.: Capisco quel che dice, ma ora ho un altro dubbio. Se l'entropia aumenta nei

processi spontanei, perché il ghiaccio spontaneamente non si trasforma in nuclei ed elettroni tra loro separati, come indicato nel processo da lei citato?

P.: Buona domanda. La risposta è che lo fa se gli viene data la possibilità di scegliere. Ma non ha questa possibilità di scelta a meno che noi non forniamo abbastanza energia per spezzare i legami. A temperature molto alte, a cui il sistema può scegliere tra l'esistere nella forma di atomi H e O liberi di muoversi in tutte le direzioni, o in quella di un gas di molecole H₂ e O₂, o nelle altre forme, tra cui il ghiaccio, posso garantirti che il ghiaccio sarà totalmente assente. Ci sarà un equilibrio tra H, O, H₂ e O₂, e H₂O_(g). Maggiore è la temperatura, più prevalenti saranno H e O monoatomici, e, a temperature estremamente alte, il sistema diventerà un plasma di ioni ed elettroni.

S.: Certo. Avrei dovuto capirlo da me. Avrei un'altra domanda, che nasce dall'aver guardato un libro del 1° anno, ed ha a che fare con il diamante e la grafite. Quel libro diceva che il diamante ha una struttura più ordinata della grafite, e perciò l'entropia del diamante è minore. Non so se anch'io avrei detto che il diamante è più ordinato. Ambedue le strutture mi sembrano completamente regolari.

P.: Ti vorrei consigliare di intraprendere una carriera in campo scientifico. Tu hai il raro dono di aver chiaro quando non capisci qualcosa. Il fatto è che non puoi dire che il diamante è più ordinato della grafite. Ogni cristallo perfetto è perfetto.

S.: Ma il diamante ha un'entropia minore della grafite?

P.: Sì, a qualsiasi temperatura diversa dallo zero assoluto. A zero Kelvin, ambedue non hanno che un solo modo di esistere, e perciò entrambi hanno entropia zero.

Questo errore su quel libro è un buon esempio di quanto infido possa essere il ricorrere all'argomento del disordine posizionale. L'autore di quel libro sa che la grafite ha un'entropia maggiore (ad esempio, a temperatura ambiente) ed è portato a concludere che il cristallo di grafite sia meno ordinato di quello del diamante, frase priva di significato.

S.: Ma perché la grafite ha effettivamente un'entropia maggiore che il diamante, a temperatura ambiente?

P.: Quale tipo di moto possiedono gli atomi di carbonio?

S.: Ambedue le sostanze sono solide, perciò gli atomi vibrano.

P.: E vibrano in maniera del tutto identica?

S.: Penso di no, perché i legami sono diversi. Nel diamante, ogni atomo di carbonio è legato ad altri quattro, secondo una disposizione tetraedrica. Nella grafite, è come ci fossero risme di fogli fatti di anelli benzenici fusi tra loro.

P.: Molto bene. Questa è la ragione per cui il diamante è così duro. Ogni atomo è tenuto saldamente legato al suo posto. La grafite è molto più tenera perché i fogli sono legati tra loro più debolmente. Ai legami forti sono associati livelli energetici più ampiamente distanziati (come le scatole più piccole), e perciò il diamante ha livelli vibrazionali più separati l'uno dall'altro che non la grafite. Pertanto...

S.: Pertanto la grafite dispone di un maggior numero di modi per immagazzinare una data quantità di energia, e quindi ha un'entropia più alta..

P.: Esattamente. Talvolta si fa notare che, poiché la grafite ha legami più deboli (NdT 2), gli atomi vibrano su distanze maggiori, e così il disordine posizionale è maggiore nella grafite che nel diamante. Questo è vero, ma mi sembra forzato e deforma l'argomento. E' vero anche allo zero assoluto, dove le entropie sono eguali, perciò mi sembra possa condurre ad errori.

S.: Lei mi ha mostrato un sistema, il neon, in cui l'aumento d'entropia non è accompagnato da aumento del disordine posizionale, e diversi altri in cui, al contrario, c'è un concomitante aumento del disordine posizionale. Può succedere che un processo spontaneo sia accompagnato da una diminuzione complessiva del disordine posizionale per il sistema e il suo ambiente circostante?

P.: Cerco di confezionarti un esempio al riguardo.

S.: E come?

P.: Userò il nostro contenitore rigido del gas neon come un serbatoio per assorbire il calore. Immaginiamo sia molto freddo, diciamo che sia a 200 K, ed abbia pareti conduttrici del calore; inoltre sia isolato da tutto il resto, ec-

cetto uno straterello di umidità che venga applicato su una parete. Spontaneamente, l'acqua congelerà e formerà cristalli di ghiaccio, il che comporta una diminuzione del disordine posizionale.

S.: Questa è una bella botta a chi afferma che il disordine posizionale debba aumentare in un processo spontaneo.

P.: Sì, è un buon argomento a sua smentita.

S.: Lei mi ha molto aiutato. Penso di comprendere meglio, ora, come il disordine posizionale si correli all'entropia.

P.: Come riassumeresti il tutto?

S.: Vediamo... L'entropia è in realtà una misura del numero di modi in cui l'energia può essere immagazzinata in un sistema....

P.: Bene...

S.: E se c'è disponibile un maggior numero di livelli energetici per immagazzinare energia, c'è un maggior numero di modi per farlo.

P.: Eccellente. E come si correla questo al disordine posizionale?

S.: La maggior parte dei processi che noi immaginiamo comportare un maggior disordine posizionale, come un gas che si espanda o un solido che fonda, comportano anche un maggior numero di livelli energetici disponibili.

P.: Vedo che lo hai compreso bene. Ora, sai dirmi perché il gas neon di cui si parlava all'inizio subisce un aumento di entropia se lo riscaldi a volume costante?

S.: Hmm... I livelli energetici non cambiano... Ah! in questo caso, noi stiamo semplicemente fornendo una maggior quantità d'energia, cosicché naturalmente troviamo un maggior numero di modi per immagazzinarla tra i livelli esistenti.

P.: Eccellente! Vedi che ci sono due estremi implicati in questa faccenda dell'entropia: il somministrare energia a un dato sistema i cui livelli di energia non cambino, e lo spostamento dei livelli energetici di un sistema che si trasforma, in presenza di una data quantità di energia.

S.: Nonché tutte le situazioni intermedie (NdT 3).

P.: Sì. E il punto debole dei ragiona-

menti basati sul disordine posizionale è che questi hanno in realtà a che vedere solo con il secondo estremo: il sistema che cambia, con i suoi livelli energetici che si spostano. Questo è il motivo per cui l'esempio del neon ti suscitava perplessità. E' dell'altro tipo.

S.: Vedo bene che l'ordine posizionale è solo una parte della storia.

P.: Proprio così: infatti si può dire che l'eccessiva identificazione dell'entropia con il disordine posizionale ha condotto a qualche danno in campo scientifico.

S.: A che cosa allude?

P.: Alcuni hanno affermato che la formazione della prima molecola in grado di replicarsi – il DNA primordiale – non si sarebbe potuta realizzare attraverso processi naturali perché avrebbe comportato un aumento spontaneo di ordine, in violazione del 2° principio.

S.: Sì, ho già sentito parlarne. Lei dunque dice che è un errore, in quanto stanno considerando solo l'aspetto del disordine posizionale?

P.: Proprio così. E' come la formazione di un fiocco di neve nell'aria umida. Vediamo se sai analizzare questo processo apparentemente miracoloso. Che accade quando si forma un fiocco di neve?

S.: Beh, l'ordine della materia aumenta, e perciò me ne aspetterei una diminuzione di entropia.

P.: E che mi dici sui modi per distribuire l'energia?

S.: Poiché si sta formando un solido, il moto molecolare subisce restrizioni. Come lei ha detto prima, si perdono modi rotazionali e se ne acquistano di vibrazionali. Inoltre, poiché partiamo da una fase gassosa, penso si perdano anche modi traslazionali.

P.: Eccellente. E poiché, come abbiamo visto prima, le energie vibrazionali sono più distanziate tra loro, di conseguenza abbiamo un minor numero di modi per immagazzinare energia.

S.: Giusto. Così anche questa analisi porta ad una diminuzione di entropia. Ma i fiocchi di neve si formano proprio spontaneamente. Vediamo... E' perché rilasciano il calore di fusione! (*NdT 4*)

P.: Sì. E che succede a questo calore?

S.: Viene assorbito dall'aria fredda, e il riscaldamento dell'aria causa un aumento di entropia dell'aria stessa.

P.: Mi sembra che tu possieda bene l'argomento. Se l'aria circostante è fredda a sufficienza, il suo aumento di entropia è superiore alla diminuzione di entropia conseguente alla formazione del fiocco di neve, e il processo avviene spontaneamente.

S.: Le mie difficoltà all'inizio sorgevano dal fatto che io prendevo in considerazione solo il fiocco di neve.

P.: Questo è il pericolo. Ogni volta che osserviamo un processo spontaneo che crea ordine posizionale, dobbiamo stare attenti all'aumento del numero di modi per immagazzinare energia che lo accompagna. Spesso questo processo concomitante è il flusso di calore, facilmente trascurato, da un oggetto più caldo a uno più freddo: la Natura ci confonde con magici trucchi mettendo ordine nella materia con la sua mano destra, mentre con la mano sinistra, di nascosto, essa trasferisce calore senza dare nell'occhio.

S.: Mi sembra un discorso di alta classe.

P.: Ho aspettato un'occasione per poterlo fare.

S.: Credo che la mia difficoltà sia stata che gli argomenti basati sul disordine posizionale non mi hanno permesso di considerare il flusso di calore.

P.: Sì, aggravata dal fatto che il disordine posizionale, mentre spesso è un modo conveniente per fare previsioni circa l'aumento o la diminuzione del numero di modi per immagazzinare l'energia, di fatto evita esplicitamente

di prendere in considerazione l'energia. Questo evitare ciò da cui realmente dipende l'entropia ha portato vari autori a commettere insospettiti errori portando esempi, come camere in disordine e immondizia che si diffonde, che hanno ben poco a che fare con l'entropia come è definita e usata nelle scienze fisiche.

S.: Grazie per il tempo che mi ha dedicato, professore. Se avrò altri dubbi, potrò ancora venirla a trovare?

P.: Certo che sì. La nostra discussione mi ha fatto molto piacere.

Nota del traduttore 1:

Nel liquido, le molecole possono avere anche moti traslazionali.

Nota del traduttore 2:

In realtà, nei singoli strati di grafite, che possono considerarsi solidi bidimensionali, i legami carbonio-carbonio sono più forti che nel diamante (475 kJ/mol contro 355 kJ/mol). Sono i legami tra strato e strato di grafite (legami di van der Waals) ad essere enormemente più deboli di quelli del diamante, e l'effetto sulla distanza tra i livelli energetici riferibili ai legami tra strato e strato è, probabilmente, largamente sovrachianta rispetto a quello ascrivibile ai legami tra atomi di carbonio all'interno dei singoli strati.

Nota del Traduttore 3:

Un esempio di caso intermedio potrebbe essere il riscaldamento di un gas a pressione costante: maggiore quantità di energia disponibile e livelli energetici meno distanziati.

Nota del Traduttore 4:

In realtà si tratta del calore di sublimazione, che è circa otto volte maggiore di quello di fusione (50 kJ/mol⁻¹ contro 6).

Ringraziamento:

Il traduttore è grato al prof. Mario E. Cardinali, dell'Università di Perugia, per avergli segnalato questo articolo, e per fruttuose discussioni sull'argomento.

COSTRUIRE I CONCETTI DI ACIDO E DI BASE

Un uso didattico della storia della chimica

Riassunto

Questo lavoro descrive una sequenza didattica concepita allo scopo di fare apprendere i concetti di acido e di base agli allievi del biennio delle scuole secondarie superiori. Nella sequenza, già sperimentata da alcuni anni in varie classi, si ricorre a situazioni di apprendimento di tipo problematico. A tal fine ci si è ispirati all'evoluzione storica dei concetti di acido e di base al fine di sottoporre agli allievi, per quanto possibile, problemi simili a quelli già incontrati dagli scienziati nel corso della storia. In effetti, l'evoluzione storica di tali concetti ha visto un passaggio dal registro empirico macroscopico a quello esplicativo microscopico ed una serie di radicali mutamenti delle teorie elaborate dagli scienziati per spiegare i fenomeni. Per questa ragione, l'approccio storico ben si presta a fornire la base per una sequenza didattica che ha l'obiettivo non solo di fornire agli allievi i contenuti del sapere scientifico, ma anche di abituarli ad esercitare lo spirito critico ed i modi di pensare degli scienziati. Le varie attività proposte introducono dapprima i concetti empirici di acido e di base, per poi giungere ad un livello di concettualizzazione equivalente a quello elaborato da Arrhenius tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo.

Abstract

This paper describes a didactic sequence aimed at teaching the concepts of acid and base to the second-year High School pupils. The sequence is based on a problematic approach to teaching and learning and has already been experimented in various classes in the last years. We have reconsidered the historical evolution of the concepts of acid and base to propose to the pupils, whenever

BASILIO CACCETTA*
GIULIA GALLO*
ALBERTO REGIS*
DAVIDE VIONE**
EZIO ROLETTA**

possible, similar problems as those already encountered by the scientists of the past. Actually, the historical evolution of the concepts of acid and base has experienced a transition from an empirical and macroscopic point of view to a microscopic and explicative one, and a series of radical changes in the theories proposed by the scientists to explain the observed phenomena. Hence, the historical approach is suitable as the basis for a didactic sequence aimed not only at teaching the contents of scientific knowledge to the pupils, but also at making them familiar with a critical and scientific way of thinking. The various didactic activities start by introducing the empirical concepts of acid and base, and finally reach an explication level equivalent to that formulated by Arrhenius between the end of the XIXth and the beginning of the XXth century.

INTRODUZIONE

Acidi e basi costituiscono due classi importanti di sostanze chimiche ed i concetti relativi si sono trasformati nel tempo, grazie all'evolversi dei saperi scientifici sulla struttura della materia, passando dal registro empirico o macroscopico a quello interpretativo ed esplicativo o microscopico. Tale trasformazione delle idee, schematizzata nella prima parte di questo articolo, è stata assunta come riferimento per progettare una sequenza di insegnamento e apprendimento nel corso della quale portare gli studenti a costruire i concetti di «sostanza acida» e di «sostanza basica» a differenti «livelli di concettualizzazione». Tale sequenza è stata concepita in funzione del modello di apprendimento costruttivista,

sociocognitivista ed interattivo al quale ormai da tempo ispiriamo le nostre proposte volte ad affrontare i problemi di apprendimento e di insegnamento delle scienze empirico-formali. Poiché in questo approccio si adotta un insegnamento di tipo «problematico», i problemi che vengono proposti agli allievi sono, in parte, analoghi ai problemi ed agli interrogativi che, nel corso del tempo, i chimici affrontarono per elaborare concetti di acido e base di portata sempre più generale.

In questo articolo viene presentata la sequenza che ormai da alcuni anni viene messa in atto in alcune classi del secondo anno del biennio di un istituto tecnico industriale. La sequenza viene utilizzata dopo che gli allievi hanno acquisito sia i concetti di sostanza, reazione chimica, molecola, atomo, ione, elemento sia l'idea della classificazione degli elementi secondo la periodicità delle proprietà chimiche e fisiche riscontrabili nelle corrispondenti sostanze semplici; di conseguenza essi dovrebbero essere in grado di accedere non solo al registro empirico di modellizzazione delle sostanze acide e di quelle basiche, ma anche al registro formale proposto da Arrhenius.

PARTE PRIMA

EVOLUZIONE STORICA DEI CONCETTI DI ACIDO E BASE

Il termine acido deriva dal latino *acidus*; la radice *ac* ha il significato di *essere pungente*. Il termine base deriva dal greco *βασιξ* (sostenere). Il termine alcali deriva dall'arabo *al-quali* (potassa). I primi tentativi di spiegare il fenomeno dell'acidità e quello, complementare, della basicità risalgono al XVII secolo ad opera di Franciscus Sylvius (1614 -1672) e Otto Tachenius (1620 -1690). Per la prima volta venne avanzata l'ipotesi che i processi digestivi altro non fossero che processi chimici e che in essi svolgessero un ruolo fondamentale sostanze acide e basiche le quali, reagendo tra di loro, si sarebbero neutralizzate a vicenda. Il tentati-

* ITIS "Quintino Sella" - Biella, Gruppo I.Ri.Di.S. (Innovazione e Ricerca per la Didattica delle Scienze)

** C.I.R.D.A. - Dipartimento di Chimica Analitica - Università di Torino

vo, operato dai due studiosi, di estendere la teoria della reciproca neutralizzazione di acidi e basi alla spiegazione di tutti i processi che coinvolgono la fisiologia umana, ebbe però scarso successo; oltre ad essere troppo ingenua e semplicistica, tale teoria si scontrò con le notevoli lacune teoriche dell'epoca relative alla definizione stessa di acido e di base.

1.1 – Un concetto operativo

Sebbene la chimica del XVII secolo fosse, dal punto di vista empirico, sufficientemente avanzata da consentire la produzione dei principali acidi minerali e di vari composti basici, la definizione operativa degli acidi e delle basi era insoddisfacente. Gli acidi erano definiti a partire dal loro sapore e dall'effervescenza che si produce quando reagiscono con le basi; le basi erano definite come quei composti che producono effervescenza reagendo con gli acidi, dal momento che le basi erano identificate con quelli che per noi sono carbonati. Quindi il prodursi dell'effervescenza con i carbonati era il principale criterio disponibile per riconoscere un acido fino al XVII secolo, insieme con il potere solvente (assai poco significativo) e il sapore acido.

Il primo scienziato che tentò di sistematizzare le conoscenze della sua epoca relativamente alla definizione operativa di acido (ed a quella complementare di base) fu Robert Boyle (1627 - 1691), il quale introdusse la reazione con disolfuri e tiosolfati che, in ambiente acido, formano zolfo colloidale. Per quanto riguarda le basi, Boyle le definì come quei composti che fanno perdere agli acidi le loro caratteristiche. Nel frattempo, in effetti, si erano fatti progressi nello studio delle proprietà chimiche degli idrossidi e si era rinunciato ad identificare le basi con i carbonati. La principale innovazione introdotta da Boyle fu però l'uso degli indicatori acido-base (in origine pigmenti estratti da piante), il cui utilizzo rende molto più agevole il riconoscimento del carattere acido o basico di una sostanza in soluzione.

Boyle elencò le proprietà degli acidi che concorrono a definire il concetto di sostanza acida da un punto di vista operativo, macroscopico:

§ Hanno sapore acido.

§ «Dissolvono» molte sostanze (l'utilizzo del termine «dissoluzione» da parte di Boyle è comprensibile date le conoscenze dell'epoca, ma è bene ricordare che si tratta sempre di reazioni chi-

miche, siano esse di scambio di protoni o di ossidoriduzione).

§ Precipitano lo zolfo dalle sue soluzioni basiche (lo zolfo reagisce con le basi a caldo con formazione di disolfuri e tiosolfati; per acidificazione della soluzione precipita zolfo colloidale).

§ Modificano il colore delle soluzioni acquose degli indicatori.

§ Perdonano le loro proprietà reagendo con le basi.

1.2 – Un primo principio di acidità: l'ossigeno

Come si è detto, le concezioni di Boyle erano a livello puramente empirico. È a Lavoisier (1743 - 1794) che si deve la prima *spiegazione* delle peculiari proprietà delle sostanze acide: egli identificò nell'ossigeno il principio dell'acidità. Le idee di Lavoisier si basavano sull'interpretazione dei seguenti dati empirici:

□ il carbonio, lo zolfo ed il fosforo, reagendo con l'ossigeno, danno origine a composti aventi proprietà acide;

□ gli acidi organici, che in quell'epoca venivano scoperti in numero sempre maggiore, contengono ossigeno.

In questo contesto, gli acidi erano identificati con quelle che più tardi sarebbero state chiamate *anidridi* e che oggi definiamo come ossidi dei non metalli: CO₂ era l'acido carbonico, SO₂ l'acido solforoso, SO₃ l'acido solforico, P₂O₅ l'acido fosforico; per quanto riguarda i composti organici, le ipotesi sulla loro composizione erano piuttosto fantasiose. L'analisi elementare degli acidi indicava che queste sostanze, oltre a contenere ossigeno, contenevano pure idrogeno, ma era opinione comune che l'idrogeno fosse presente sotto forma di «acqua di idratazione» (il che è comprensibile se si considera che si lavorava unicamente in soluzione acquosa) e che la sua presenza o meno non avesse alcun effetto sulle proprietà acide delle sostanze. Tuttavia, l'interpretazione di Lavoisier non era del tutto soddisfacente: gli ossidi metallici, pur contenendo ossigeno, avevano carattere basico, per cui si doveva ammettere che l'ossigeno fosse principio di acidità «in potenza» e che avesse bisogno dei non metalli perché vi fosse acidità «in atto». Nonostante queste ipotesi *ad hoc*, il fatto che il principio dell'acidità, ossia l'ossigeno, reagendo con i metalli, desse luogo ad ossidi basici, restava la principale incongruenza del tentativo di spiegazione proposto

da Lavoisier.

Un altro problema era posto dal fatto che l'analisi dell'acido cloridrico, nonostante tutti i tentativi compiuti, non aveva rivelato la presenza di ossigeno. Lavoisier interpretò il fenomeno ipotizzando che quello che per noi è il cloro fosse l'ossido di un nuovo elemento, il murio¹, la cui elevata affinità per l'ossigeno ne rendeva difficile l'isolamento. Tale ipotesi non è del tutto azzardata se si pensa che all'epoca i mezzi a disposizione per scomporre una sostanza composta in sostanze semplici erano piuttosto rudimentali, non sempre avevano successo ed i chimici del tempo erano ben consapevoli della limitata efficacia delle loro procedure sperimentali.

La definizione dell'ossigeno quale principio dell'acidità faceva pensare all'esistenza di un corrispondente principio della basicità, che non poteva essere lo stesso ossigeno nonostante il carattere basico degli ossidi metallici; la situazione fu ulteriormente complicata dai risultati dell'analisi elementare dell'ammoniaca, che risultò essere composta esclusivamente da azoto ed idrogeno. Questo suggerì a Lavoisier che l'azoto fosse un principio della basicità, ma che ve ne dovessero essere altri, poiché non tutte le basi contengono azoto.

1.3 – Un secondo principio di acidità: l'idrogeno

La prima soluzione delle incongruenze segnalate in precedenza si deve a Humphry Davy (1778 - 1829), il quale utilizzava l'elettrolisi delle soluzioni acquose per scomporre un composto nei suoi componenti. Gli studi di Davy condussero alla scoperta del cloro e dello iodio, confermarono che l'acido cloridrico non conteneva ossigeno e indicarono che nemmeno l'acido iodidrico, scoperto da poco, lo conteneva. L'elenco degli acidi dai quali non era possibile isolare l'ossigeno era ormai troppo consistente (HCl, H₂S, HCN, HI) per essere ignorato. Davy avanzò la congettura che l'idrogeno fosse il principio dell'acidità, dal momento che tutti gli acidi conosciuti contenevano idrogeno, ma gli altri chimici erano molto riluttanti ad abbandonare le vecchie idee. Con il passare del tempo, tuttavia, il punto di vista di Davy fu accettato in quanto permetteva di interpretare i dati sperimentali in modo più semplice rispetto alle interpretazioni basate sulle idee di Lavoisier.

¹ Di qui il nome di «acido muriatico» che ancora si usa per il prodotto tecnico.

Il ruolo determinante dell'idrogeno negli acidi fu confermato definitivamente dagli studi condotti da Liebig (1803 - 1873) sugli acidi polibasici (soprattutto l'acido fosforico), sui loro sali e sui derivati di questi ultimi (meta- e pirofosfati). Liebig giunse alla conclusione che gli acidi sono composti contenenti idrogeno in cui l'idrogeno stesso può essere sostituito dai metalli.

1.4 – La dissociazione elettrolitica

Gli studi di elettrochimica condotti nel XIX secolo da Davy, Faraday (1791-1867), Daniell (1790 -1848) ed altri studiosi avevano spinto Faraday ad ipotizzare l'esistenza di specie cariche (ioni) nelle soluzioni sottoposte ad elettrolisi. Si pensava tuttavia che gli ioni fossero presenti esclusivamente quando la soluzione era attraversata da una corrente elettrica. Alla fine del secolo, Svante Arrhenius (1859 -1927) avanzò la congettura che alcune sostanze, dette «elettroliti», si dissociassero spontaneamente in ioni in soluzione acquosa. Questa ipotesi permetteva di risolvere alcuni problemi incontrati nello studio delle proprietà colligative delle soluzioni (pressione osmotica, innalzamento del punto di ebollizione, abbassamento del punto di congelamento). Le proprietà colligative dipendono dal numero di specie chimiche presenti in soluzione e la dissociazione elettrolitica, aumentando il numero di queste specie, dà luogo a risultati anomali se interpretati senza prendere in considerazione tale fenomeno.

Secondo la teoria di Arrhenius, gli acidi sono composti la cui dissociazione elettrolitica dà luogo alla formazione di ioni H^+ . Una dissociazione quantitativamente diversa per ciascuno di tali composti spiega l'esistenza di acidi forti (H_2SO_4 , HCl) e di acidi deboli (H_2CO_3 , CH_3COOH). Analogamente, le basi sono composti la cui dissociazione porta alla formazione di ioni OH^- .

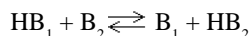
Questa teoria non prevedeva tuttavia il carattere basico di composti che non contengono gruppi OH^- , come l'ammoniaca (artificiosamente definita idrossido d'ammonio, NH_4OH), ed era limitata alle sole soluzioni acquose. Invece era ormai ben noto che i fenomeni caratteristici dell'acidità e della basicità (cambiamento di colore degli indicatori, neutralizzazione) si riscontrano anche in solventi organici.

1.5 – Donatori e accettori di protoni

I problemi citati condussero all'elabo-

razione di una nuova teoria acido-base ad opera di J. N. Brønsted (1879 -1947) e T. M. Löwry (1874 -1936). Essi proposero di considerare gli acidi come donatori di protoni (ioni H^+) e le basi come accettori di protoni; le reazioni acido-base furono definite come reazioni di scambio di protoni. Gli acidi (ad esempio HCN) derivano dall'unione dello ione H^+ e di una base, ad esempio CN^- . L'anione CN^- è, infatti, in grado di accettare uno ione H^+ con formazione di HCN, comportandosi quindi come una base: secondo la teoria di Brønsted-Lowry, CN^- è la base coniugata di HCN. L'ammoniaca è una base in quanto è in grado di accettare uno ione H^+ dall'acqua con conseguente formazione dello ione NH_4^+ e di ioni OH^- ; tuttavia la formazione di ioni OH^- non è requisito fondamentale per la basicità, il che permette di svincolarsi dalle soluzioni acquose. Ad esempio, l'ammoniaca è ugualmente in grado di accettare un protone se disciolta in acido acetico glaciale, con formazione di ioni NH_4^+ e CH_3COO^- : l'analogia tra le due reazioni è evidente.

In definitiva, le reazioni acido-base possono essere schematizzate come segue (HB_1 e HB_2 rappresentano gli acidi, B_1 e B_2 le basi coniugate):



Nel riquadro si riportano alcuni esempi:

1. HCl + NH_3	$Cl^- + NH_4^+$	($B_1 = Cl^-$, $B_2 = NH_3$)
2. HCl + H_2O	$Cl^- + H_3O^+$	($B_1 = Cl^-$, $B_2 = H_2O$)
3. $H_2O + NH_3$	$OH^- + NH_4^+$	($B_1 = OH^-$, $B_2 = NH_3$)
4. $H_2O + CN^-$	$OH^- + HCN$	($B_1 = OH^-$, $B_2 = CN^-$)
5. $CH_3OH + K^+ + OH^-$	$K^+ + CH_3O^- + H_2O$	($B_1 = CH_3O^-$, $B_2 = OH^-$)

Gli acidi forti sono quei composti le cui basi coniugate, non avendo la tendenza ad accettare protoni, sono basi molto deboli (Cl^- , NO_3^- , ClO_4^-). Al contrario, le basi coniugate degli acidi deboli (ad esempio, CN^-), avendo la tendenza ad accettare protoni (reazioni di idrolisi o, più in generale, di solvolisi), sono basi piuttosto forti. La teoria di Brønsted e Löwry ha, oltre al resto, il merito di contemplare le reazioni di idrolisi quale caso particolare delle reazioni acido-base, laddove in precedenza esse erano considerate come un fenomeno a parte. Gli ioni H^+ (protoni) non sono presenti isolatamente in soluzione acquosa: essi si associano con una molecola d'acqua per dare origine

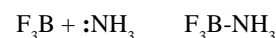
ad uno ione H_3O^+ (idronio). In questo caso, l'acqua si comporta come una base, poiché accetta un protone per dare origine allo ione idronio (o idrossonio) come si vede nel caso dell'esempio 2.

1.6 – Donatori e accettori di coppie di elettroni

Vi sono alcuni composti ed alcuni ioni i quali, pur non contenendo idrogeno e non potendo quindi agire quali donatori di protoni, sono in grado di fare cambiare colore agli indicatori e di reagire con le basi, comportandosi dunque come acidi: tra di essi si possono annoverare composti quali $AlBr_3$, BF_3 , $SnCl_4$, $ZnCl_2$, SO_3 , Cu^{2+} , Ag^+ . Allo scopo di spiegare il comportamento di queste specie, G. N. Lewis (1875-1946) definì gli acidi come **accettori** di coppie di elettroni e le basi come **donatori** di coppie di elettroni. Nel seguito dell'articolo useremo le espressioni *acido di Brønsted* e *acido di Lewis* al posto delle espressioni più lunghe *acido in base alla teoria di Brønsted e Lowry* e *acido in base alla teoria di Lewis*.

È un acido di Lewis il trifluoruro di boro (BF_3), in cui l'atomo di boro è circondato da sei elettroni che danno origine a tre legami con gli atomi di fluoro; al boro mancano due elettroni per completare l'ottetto, il che rende il BF_3 un accettore di coppie di elettroni. Un esempio di base di Lewis è l'ammoni-

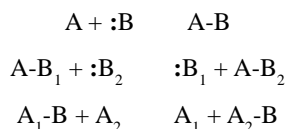
aca ($:NH_3$) nella quale l'atomo di azoto è circondato da otto elettroni (ottetto completo) due dei quali non sono coinvolti in legami e costituiscono una coppia di elettroni libera. L'ammoniaca è quindi in grado di donare una coppia di elettroni. La reazione tra trifluoruro di boro ed ammoniaca è una tipica reazione acido-base di Lewis con formazione di un legame dativo:



Le reazioni acido-base di Lewis comprendono quindi anche le reazioni di formazione dei complessi.

Si consideri ora un acido di Brønsted, HCN. Secondo la teoria di Lewis, esso

risulta dal legame tra un acido di Lewis, H^+ ed una base di Lewis, CN^- . Ne consegue che le basi di Brønsted sono anche basi di Lewis, mentre gli acidi di Brønsted risultano dall'associazione di un acido (H^+) e di una base (CN^-) di Lewis. In base alla teoria di Lewis, le reazioni acido-base possono essere schematizzate come segue:



Nel riquadro si riportano alcuni esempi:

1. $Cu_2^+ + 4 :NH_3$	$Cu(NH_3)_4^{2+}$	($A = Cu^{2+}$, $:B = :NH_3$)
2. $AgCl + 2 :NH_3$	$Cl^- + Ag(NH_3)_2^+$	($A = Ag^+$, $B_1 = Cl^-$, $B_2 = :NH_3$)
3. $R-Cl + AlCl_3$	$R^+ AlCl_4^-$	($A_1 = R^+$, $B = Cl^-$, $A_2 = AlCl_3$)
4. $HNO_3 + H_2O$	$NO_3^- + H_3O^+$	($A = H^+$, $B_1 = NO_3^-$, $B_2 = H_2O$)

1.7 – Conclusione

L'evoluzione dei concetti di acido e di base ha conosciuto in definitiva due fasi distinte: in un primo momento, si è cercato di dare una spiegazione ai fenomeni che avvengono in soluzione acquosa elaborando una serie di teorie che si escludono a vicenda, quali quella di Lavoisier da una parte e quelle di Davy, Liebig ed Arrhenius dall'altra. In un secondo momento, chiarito quanto avviene in soluzione acquosa, si è esteso il concetto di acido e di base ai solventi organici (Brønsted-Lowry) ed alle reazioni di complessazione (Lewis). Inoltre, mentre gli acidi e le basi del modello di Brønsted-Lowry sono composti tradizionalmente considerati tali, fra gli acidi di Lewis vi sono sostanze che in precedenza erano classificate in modo completamente diverso, quali $AlBr_3$, BF_3 , $SnCl_4$, $ZnCl_2$, Cu^{2+} ed Ag^+ . A questo punto si potrebbe pensare che la necessità di comprendere in un solo modello processi molto diversi tra di loro abbia portato a classificare nella stessa categoria sostanze che poco o nulla hanno in comune se non la caratteristica di accettare o donare coppie di elettroni, rendendo impossibile una definizione operativa. In realtà questo non è del tutto vero: tra gli attributi identificati da Boyle come essenziali del concetto empirico di acido, gli ultimi due hanno resistito al tempo ed al susseguirsi delle teorie. Essi sono il cambiamento di colore degli indicatori e la perdita delle proprietà caratteristiche degli acidi per reazione con le basi

e possono essere considerati, al momento, definizioni operative di carattere generale.

È opinione degli autori che l'evoluzione storica dei concetti empirici di acido e di base possa essere proficuamente utilizzata come punto di riferimento per impostare una sequenza didattica nella quale utilizzare alcuni dei problemi affrontati dagli scienziati per dare significato ai nuovi saperi che vengono introdotti. Naturalmente è evidente che occorre, da una parte, evitare un parallelo meccanico tra problemi della comunità scientifica e problemi di apprendimento del singolo studente e, dall'altra, tenere presente le notevoli

differenze contestuali. Nella seconda parte di questo scritto viene presentata la proposta di sequenza didattica costruita su questi presupposti.

PARTE SECONDA

LA SEQUENZA DI INSEGNAMENTO E APPRENDIMENTO

Come già si è detto, questa proposta didattica è stata elaborata facendo riferimento al modello «didattico» d'apprendimento e quindi alle sue tre componenti; quella costruttivista (relazione tra allievo e sapere scientifico), quella interattiva (relazione tra allievo e realtà empirica) e quella sociale (relazioni allievo-allievo, allievo-insegnante). In questo modello si considera l'allievo come *attore* del processo di apprendimento; quindi le situazioni di apprendimento sono essenzialmente di tipo problematico, in quanto si postula che, affrontando problemi, il soggetto che impara possa pervenire a dare un senso ai saperi che l'insegnante gli propone. Naturalmente, quando si parla di problemi non si fa riferimento ai tradizionali «esercizi applicativi», ma a veri e propri «rompicapo» - sovente gli stessi che affrontarono gli studiosi del passato - che costringono gli allievi a ragionare da scienziati. Gli interrogativi che conseguono richiedono che gli allievi costruiscano rappresentazioni che implicano l'utilizzo di concetti nuovi. La nostra proposta didattica è dunque fondata su due considerazioni. La pri-

ma è di natura epistemologica: i concetti scientifici sono stati e vengono costruiti per affrontare problemi che i ricercatori si pongono di fronte a svariate esigenze sia di tipo fondamentale sia di tipo applicativo. La seconda considerazione è di tipo psicologico: nella concezione costruttivista che il nostro gruppo ha adottato, l'apprendimento risulta dalle interazioni del soggetto che apprende con il proprio ambiente materiale, sociale e intellettuale. Esso si traduce in una serie di aggiustamenti successivi, per cui i «cambiamenti concettuali» sono intesi in modo progressivo, nel senso che intervengono nel corso di processi che si sviluppano in un arco di tempo abbastanza esteso.

Le attività proposte perdono molto del loro significato se collocate nell'ambito del modello d'apprendimento delle scienze che domina attualmente nella scuola italiana: un modello di tipo trasmissivo-ricettivo, che assegna all'allievo il ruolo di «ricevitore passivo» delle conoscenze trasmesse dall'insegnante; che non riconosce la dimensione sociale dell'apprendimento e che riduce a mera esercitazione il confronto con il reale e dunque annulla la dimensione «interattiva» del sapere con la realtà sperimentale. Un modello nel quale il processo di apprendimento è concepito in modo cumulativo, senza rotture né ristrutturazioni e dove l'attività scolastica rimane rigidamente suddivisa in tre momenti: - lezione frontale; - studio individuale; - interrogazione. La lezione frontale, nella quale l'insegnante espone e l'allievo ascolta, costituisce il dispositivo didattico principale in quanto la situazione di apprendimento è di tipo impositivo.

La sequenza che si propone è divisa in attività per ognuna delle quali è, in genere, prevista una scheda che guida il lavoro personale di ogni allievo.

ATTIVITÀ 1

L'insegnante predispose cinque soluzioni acquose, contenenti ciascuna una sostanza diversa. La composizione delle soluzioni, **che non viene comunicata agli studenti**, è la seguente:

§ La soluzione A è una soluzione 1 molare di acido cloridrico

§ La soluzione B è una soluzione 1 molare di acido acetico

§ La soluzione C è una soluzione 1 molare di idrossido di sodio

§ La soluzione D è una soluzione limpida di idrossido di bario

§ La soluzione E è una soluzione 1 molare di acido solforico

Queste soluzioni (reagenti del **gruppo 1**) vengono messe a disposizione degli studenti insieme a due composti solidi: carbonato di sodio e carbonato di calcio (reagenti del **gruppo 2**). La scelta dei due carbonati non è casuale: si è scelto deliberatamente un carbonato molto solubile (carbonato di sodio) ed uno poco solubile in acqua; la ragione apparirà evidente in seguito.

Agli studenti viene data la seguente consegna:

§ Predisporre sei tubi da saggio contenenti ognuno una punta di spatola di carbonato di sodio

§ Predisporre altri sei tubi da saggio contenenti ognuno una punta di spatola di carbonato di calcio

§ Ad ognuno dei sei tubi da saggio della prima serie aggiungere, rispettivamente:

§ Provetta 1 - 5 cm³ di acqua deionizzata

§ Provetta 2 - 1 cm³ di acqua deionizzata; 2 o 3 cm³ della soluzione A

§ Provetta 3 - 1 cm³ di acqua deionizzata; 2 o 3 cm³ della soluzione B

§ Provetta 4 - 1 cm³ di acqua deionizzata; 2 o 3 cm³ della soluzione C

§ Provetta 5 - 1 cm³ di acqua deionizzata; 2 o 3 cm³ della soluzione D

§ Provetta 6 - 1 cm³ di acqua deionizzata; 2 o 3 cm³ della soluzione E

§ Ripetere lo stesso procedimento con gli altri sei tubi da saggio contenenti il carbonato di calcio.

§ Annotare in un'apposita tabella cosa avviene quando le sostanze del gruppo 2 interagiscono con le sostanze del gruppo 1.

I dati sperimentali ottenuti dalla maggior parte degli allievi sono raccolti nella tabella 1.

In genere gli studenti usano termini diversi per indicare cosa succede quando i carbonati interagiscono con le sostanze A, B ed E, ricorrendo quasi sempre al linguaggio quotidiano (fa le bollicine, bolle, frizza, frigge, ecc.). Spetta all'insegnante proporre l'uso del termine *effervescenza* per indicare l'evento che presenta queste manifestazioni percettibili. Quasi in ogni classe, vi è almeno uno studente che percepisce odore di aceto quando opera con la soluzione B e lo fa presente: rapidamente questo dato viene condiviso, in quanto i compagni ripetono la manipolazione prestando attenzione a questo aspetto; la classe dispone così di un ulteriore dato empirico. Raccolti i dati sperimentali, l'insegnante formula il seguente interrogativo: *Secondo voi, è possibile riunire in categorie l'acqua e le sostanze incognite contenute nelle soluzioni elencate in*

tabella sulla base di ciò che avviene quando interagiscono con il carbonato di sodio e con il carbonato di calcio? Gli studenti si trovano ora di fronte ad un vero e proprio rompicapo in quanto i risultati non si prestano ad un'unica lettura. Per esempio, nel caso dell'interazione della sostanza E (acido solforico) con il carbonato di calcio si ha sia sviluppo di gas, sia formazione di precipitato. Anche nel caso della sostanza C sorge un problema non indifferente: interagendo con i carbonati, questa si comporta come l'acqua, ma non è l'acqua in quanto si è specificato che si tratta di una soluzione acquosa di una sostanza incognita.

Di conseguenza le proposte formulate dagli allievi sono svariate. Vi è chi propone due categorie, usando il criterio «reazione chimica»:

1 - sostanze che danno reazione con i carbonati;

2 - sostanze che non danno reazione con i carbonati.

Vi è chi distingue le sostanze che, reagendo con i carbonati, danno origine a sviluppo di gas, da quelle che non producono questo fenomeno, ma i dati sperimentali della soluzione contenente la sostanza E risultano allora di difficile interpretazione, in quanto si ha contemporaneamente sviluppo di gas e formazione di precipitato. Qualche studente propone che, nei casi A, B ed E, si assuma come caratterizzante il fenomeno dello sviluppo di gas. La discussione collettiva dei risultati porta la maggior parte degli studenti ad accordarsi su quattro categorie:

categoria 1 – acqua e soluzione con sostanza C;

categoria 2 – soluzione con sostanza A e soluzione con sostanza B;

categoria 3 – soluzione con sostanza D;

categoria 4 – soluzione con sostanza E. Tutte le proposte degli allievi vengono riportate su un manifesto che viene ap-

2 Si può ricorrere anche ad altri sali di metalli che devono possedere le seguenti caratteristiche: - essere solubili in acqua; - non dare effervescenza con gli acidi; - dare origine a un precipitato reagendo con le basi (formazione di idrossidi poco solubili); - non dare altre reazioni (per esempio, di complessazione oppure di ossido riduzione).

peso in laboratorio: si tratta di congetture sulle quali si dovrà lavorare per stabilire quali siano accettabili e quali invece no. Tuttavia, gli studenti sono sovente insoddisfatti delle categorie che essi stessi hanno proposto e chiedono di poter fare reagire le varie soluzioni con altri carbonati. Però i risultati che ottengono non apportano informazioni diverse da quelle di cui già dispongono e non li autorizzano a proporre categorie più soddisfacenti. In effetti, l'attività sperimentale proposta fornisce dati che non permettono di giungere ad una conclusione, per cui gli allievi stessi si rendono conto che è necessario procedere ad ulteriori sperimentazioni. Questa conclusione risulta abbastanza traumatica per gli studenti, in quanto mette in crisi l'idea molto diffusa che una sola prova sperimentale sia sufficiente per dare risposta a un interrogativo scientifico. Si tratta di una conseguenza perversa dell'uso tradizionale del laboratorio, nel quale si propongono agli studenti attività sperimentali che **devono dare** un certo risultato per permettere all'insegnante di giungere alle conclusioni cui vuole giungere: in genere, mostrare che la realtà obbedisce alla teoria. Rimane da segnalare il fatto che in tutte le classi sono risultati numerosi gli studenti che non hanno alcuna idea di come si proceda alla costruzione di *categorie* sulla base di dati empirici: le attività di classificazione sono per essi un gran mistero; tutti gli insegnanti che hanno sperimentato questa attività hanno dovuto affrontare questo ulteriore problema.

ATTIVITÀ 2

A questo punto, l'insegnante suggerisce alla classe di continuare a lavorare

con le stesse soluzioni iniziali, ma sostituendo i due carbonati con altri reattivi e precisamente²:

Tabella 1 - Risultati sperimentali dell'attività 1

	acqua	sostanza A	sostanza B	sostanza C	sostanza D	sostanza E
Na ₂ CO ₃	Soluzione limpida	effervescenza	effervescenza	Soluzione limpida	precipitato	effervescenza
CaCO ₃	precipitato	effervescenza	effervescenza	precipitato	precipitato	effervescenza + precipitato

Reattivo 1 – soluzione acquosa di acetato di manganese

Reattivo 2 – soluzione acquosa di cloruro di magnesio

Reattivo 3 – miscela di disolfuro di sodio e tiosolfato di sodio³ in soluzione acquosa.

Agli studenti viene data la consegna di fare interagire questi reattivi con l'acqua e con ognuna delle soluzioni usate nell'attività precedente. I dati sperimentali ottenuti dalla maggior parte degli allievi sono raccolti nella tabella 2.

sostanze che non reagiscono? Evidentemente la risposta è negativa. Infatti in questa seconda attività ciò che permette di discriminare tra le sostanze è il **tipo di reazione**.

Gli studenti vengono invitati a prendere in considerazione l'insieme dei dati sperimentali (attività 1 e attività 2) per formulare proposte relative alla classificazione delle sostanze incognite contenute nelle soluzioni acquose A, B, C, D, E. Di tutte le proposte che figurano sul poster preparato alla fine dell'atti-

Categoria 3 – L'acqua in quanto:

☐ non dà effervescenza con i carbonati;
☐ non dà precipitati con le soluzioni di $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$, cloruro di magnesio e acetato di manganese.

È vero che la sostanza contenuta nella soluzione E dà anche origine a un precipitato reagendo con il carbonato di calcio, ma questo fenomeno risulta non essere significativo in questo contesto, è qualcosa di più; ciò che risulta essere significativo **in questo insieme di dati sperimentali** è lo sviluppo di gas. Si introduce così l'idea di **significatività** di un dato sperimentale nel contesto di una sperimentazione, idea di notevole importanza dal punto di vista scientifico.

Poiché il cloruro di magnesio e l'acetato di manganese danno gli stessi risultati sperimentali qualitativi reagendo con le soluzioni incognite, la classe decide, dopo discussione collettiva, che si possono individuare tre reagenti significativi per distinguere in categorie le sostanze presenti nelle soluzioni incognite: il carbonato di sodio, il cloruro di magnesio ed il liquido giallo, ossia la miscela di disolfuro di sodio e tiosolfato di sodio.

Al termine di questa attività, l'insegnante può comunicare alla classe che i chimici chiamano acidi le sostanze della categoria 1 ed idrossidi o basi le sostanze della categoria 2. Quindi sono sostanze acide quelle che producono sviluppo di gas interagendo con i carbonati; sono sostanze basiche quelle che danno origine ad un precipitato interagendo con cloruro di magnesio o acetato di manganese.

È possibile pervenire alla stessa conclusione con l'attività 3 che vede ancora gli studenti nel ruolo di «attori» del processo di apprendimento.

ATTIVITÀ 3

Gli studenti sono dunque giunti a classificare le soluzioni incognite (e quindi le sostanze in esse contenute) in due categorie. Ora l'insegnante pone il seguente interrogativo: *Siamo in grado di individuare la natura, il tipo delle sostanze contenute nelle soluzioni incognite con le quali abbiamo finora lavorato?* Per permettere agli allievi di rispondere a questo interrogativo, pone a loro disposizione dalle dieci alle quindici sostanze diverse, tra le quali sono compresi alcuni acidi ed alcune basi. Ad esempio, un insegnante ha proposto ai propri allievi queste sostanze (i cui nomi e formule vengono messi a

Tabella 2 - Risultati sperimentali dell'attività 2

	acqua	sostanza A	sostanza B	sostanza C	sostanza D	sostanza E
$\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	soluzione limpida	soluzione limpida	soluzione limpida	precipitato	precipitato	soluzione limpida
MgCl_2	soluzione limpida	soluzione limpida	soluzione limpida	precipitato	precipitato	soluzione limpida
$\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	soluzione limpida	precipitato	precipitato	soluzione limpida	soluzione limpida	precipitato

Sulla base di questi risultati gli allievi sono invitati a raggruppare le sostanze presenti nelle soluzioni A, B, C, D, E nonché l'acqua in categorie. In questo caso, il problema risulta più semplice in quanto sono presenti unicamente fenomeni di precipitazione. Gli studenti si accordano abbastanza rapidamente su tre categorie:

Categoria 1 – Soluzioni contenenti le sostanze A, B ed E che non reagiscono con $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (aq) e con MgCl_2 (aq), mentre danno precipitato con $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ (aq)

Categoria 2 – Soluzioni contenenti le sostanze C e D che danno precipitato con $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (aq) e con MgCl_2 (aq), mentre non reagiscono con $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ (aq)

Categoria 3 – L'acqua

Se, nel corso della prima attività, alcuni studenti hanno proposto le categorie «sostanze che danno reazione» e «sostanze che non danno reazione» coi carbonati, l'insegnante può avviare la discussione scientifica in classe con il seguente interrogativo: *È possibile, anche in questo caso, proporre le due categorie: sostanze che reagiscono e*

attività 1, ve ne è solo una che permette di fare coincidere le categorie proposte nell'attività 1 con quelle proposte nell'attività 2. In effetti, se si utilizza lo sviluppo di gas nella reazione con i carbonati come criterio discriminante tra due categorie (attività 1), le sostanze così individuate coincidono con quelle che appartengono alla categoria 1 individuata sulla base dei dati sperimentali ottenuti nel corso della seconda attività. La classe perviene così alla seguente suddivisione:

Categoria 1 – Soluzioni contenenti le sostanze A, B ed E in quanto manifestano:

☐ effervescenza con i carbonati;
☐ precipitato bianco con la soluzione di $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$
☐ nessun fenomeno visibile con cloruro di magnesio e acetato di manganese.

Categoria 2 – Soluzioni contenenti le sostanze C e D in quanto:

☐ non danno effervescenza con i carbonati;
☐ non danno fenomeni percettibili con la soluzione di $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$
☐ danno un precipitato con cloruro di magnesio e acetato di manganese.

86 ³ Per preparare questa soluzione si aggiungono, ad un cucchiaino di zolfo in polvere contenuto in un pallone, circa 100 cm³ di soluzione concentrata di idrossido di sodio; si munisce il pallone di refrigerante a ricadere e si calda per una o due ore fino ad ottenere una soluzione limpida. Questa soluzione può essere conservata solo per pochi giorni (massimo una settimana).

disposizione degli allievi):

è non danno effervescenza reagendo

Sol acquosa di acido cloridrico	Cloruro di sodio	Sol acquosa di idrossido di sodio
Sol acquosa di acido acetico	Nitrato di potassio	Sol acquosa di idrossido di potassio
Sol acquosa di acido solforico	Cloruro di manganese	Sol acquosa di ammoniaca
Acido acetico	Sol acquosa di etanolo	Sol acquosa di idrossido di bario

Gli studenti, lavorando individualmente, devono progettare ed eseguire sperimentazioni atte a fornire dati che consentano di dare risposta all'interrogativo posto. I risultati ottenuti vengono raccolti in una tabella (Tabella 3) e poi condivisi e discussi; si arriva così a decidere che, utilizzando il carbonato di sodio, il liquido giallo (la soluzione di $\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) e il cloruro di magnesio come reagenti, è possibile individuare, tra le sostanze messe a disposizione, quelle che si comportano come l'acqua e come le sostanze presenti rispettivamente, nelle soluzioni A, B, E e nelle soluzioni C, D.

Le sostanze le cui soluzioni si comportano come le soluzioni A, B, E riportano in etichetta la denominazione **acido** ..., mentre per le sostanze le cui soluzioni si comportano in modo analogo a C e D compare la denominazione **idrossido**

Tabella 3 - Tabella per raccogliere i risultati dell'attività 3

	Na_2CO_3	$\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	MgCl_2
Formula e nome della sostanza 1			
Formula e nome della sostanza 2			
Formula e nome della sostanza 3			
Formula e nome della sostanza			

In conclusione, si arriva a identificare tre categorie di sostanze.

1) Gli **acidi**, ossia le sostanze che in soluzione acquosa:

è danno effervescenza reagendo con i carbonati;

è formano un precipitato bianco reagendo con la soluzione gialla di $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$;

è non danno un precipitato reagendo con il cloruro di magnesio.

con i carbonati;

è non formano alcun precipitato reagendo con la soluzione gialla di $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$;

è formano un precipitato reagendo con il cloruro di magnesio o l'acetato di manganese.

3) Sostanze che non sono né acidi né basi, ossia sostanze che in soluzione acquosa:

è non danno effervescenza reagendo con i carbonati;

è non formano alcun precipitato reagendo con la soluzione gialla di $[\text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$;

è non formano un precipitato reagendo con il cloruro di magnesio o l'acetato di manganese.

Si può quindi giungere alla seguente conclusione: gli acidi sono sostanze che danno origine a sviluppo di gas interagendo con i carbonati; gli idrossidi o basi sono sostanze che danno origine ad un precipitato interagendo con acetato di manganese o con cloruro di magnesio.

UNA PRIMA VERIFICA

L'insegnante pone ad ogni allievo il seguente problema: *Disponi di tre contenitori (A, B, C), ognuno dei quali contiene un liquido: di questi tre liquidi, uno è acqua deionizzata, un altro è la soluzione acquosa di un acido e il terzo è la soluzione acquosa di una base. Secondo te, come faresti per stabilire la natura del liquido contenuto in ogni contenitore? L'insegnante invita ogni allievo a progettare per iscritto la sperimentazione che intende realizzare per dare risposta al problema, eseguire il lavoro sperimentale, raccogliere i dati in un'apposita tabella, confrontare i risultati effettivamente ottenuti con quelli attesi, trarre le opportune conclusioni. Per quanto riguarda il progetto di sperimentazione, l'insegnante suggerisce la seguente traccia:*

- ♦ il problema da risolvere;
- ♦ cosa intendi fare per dare risposta al problema;
- ♦ cosa mi serve per eseguire la sperimentazione;

♦ quali risultati dovrei ottenere con il lavoro sperimentale che mi propongo di eseguire.

ATTIVITÀ 4

A questo punto, l'insegnante pone agli allievi i seguenti problemi:

1. È sempre possibile ricorrere alla reazione con il carbonato di sodio per stabilire se in una soluzione acquosa è presente un acido?

2. È sempre possibile ricorrere alla reazione con il cloruro di magnesio per stabilire se in una soluzione acquosa è presente un idrossido?

I due problemi possono anche essere formulati in questo modo:

1. Secondo voi, l'effervescenza si produce sempre quando si fa interagire una soluzione di un acido con una soluzione di carbonato di sodio, oppure lo sviluppo di gas dipende dalla quantità di acido e/o di carbonato presente nella soluzione?

2. Secondo voi, si ha sempre formazione di precipitato quando si fa interagire una soluzione di un idrossido con una soluzione di cloruro di magnesio (o acetato di manganese), oppure la formazione del precipitato dipende dalla quantità di idrossido e/o di cloruro di magnesio (acetato di manganese) in soluzione?

Gli allievi non conoscono la risposta a priori e devono quindi procedere ad una serie di saggi sperimentali nei quali operano con soluzioni via via più diluite (1:10, 1:50, 1:100, ecc.) dei reattivi. Poiché l'interrogativo riguarda sia gli acidi sia le basi, è possibile assegnare il primo problema ad una parte degli allievi ed il secondo agli altri. In entrambi i casi, gli allievi arriveranno a concludere che nelle soluzioni più diluite non si percepisce più lo sviluppo di gas (nel caso degli acidi) e la formazione di precipitato (nel caso delle basi). Questi risultati sperimentali permettono all'insegnante di porre alla classe un nuovo interrogativo: *Si deve dunque concludere che nelle soluzioni diluite da voi preparate sia assente l'acido oppure la base?*

Gli allievi non possono evidentemente accettare questa conclusione, per cui si trovano di fronte ad un nuovo problema: *Come mettere in evidenza la presenza di sostanze acide o di sostanze basiche, se le soluzioni che le contengono sono molto diluite? È a questo punto del percorso di apprendimento che l'insegnante introduce l'uso degli indicatori come rivelatori di acidità o di basicità delle soluzioni. Gli indica-*

tori vengono per ora definiti come sostanze che assumono colorazione diversa a seconda che siano in presenza di un acido o di una base.

Questa attività può essere conclusa proponendo agli allievi di portare in laboratorio fiori (ad esclusione di quelli bianchi e gialli), cavolo rosso, radicchio rosso, barbabietola rossa, the, ecc. per prepararne estratti alcolici. Essi provano poi ad aggiungere alcune gocce di tali estratti a soluzioni acquose diluite di sostanze acide e di sostanze basiche, notando i cambiamenti di colore che si verificano. L'insegnante, per completare le informazioni, fa usare anche alcuni indicatori di abituale uso nei laboratori chimici, per esempio fenolftaleina e metilarancio.

ATTIVITÀ 5

L'insegnante può ora far presente che la classe è giunta ad individuare due categorie di sostanze chiamate, rispettivamente, acidi e idrossidi o basi, le quali manifestano comportamenti «chimici» particolari, e nettamente diversi, interagendo con alcuni reattivi: questo è il «registro dei fenomeni». Se ora si passa al «registro delle rappresentazioni simboliche», cioè alle formule delle sostanze espresse con simboli chimici, possiamo chiederci se nella scrittura codificata degli acidi sia presente un qualche componente specifico, comune a tutte le sostanze acide, che possa essere considerato come «principio di acidità»; naturalmente lo stesso interrogativo viene posto per gli idrossidi. Gli allievi devono collegare il registro dei fenomeni (effervescenza, formazione di precipitati, interazione con gli indicatori) con il registro delle rappresentazioni simboliche per cercare di dare risposta al seguente interrogativo: *Nelle sostanze acide, la cui composizione è espressa nelle formule simboliche, è presente un componente comune a tutte queste sostanze?* Si tratta dell'interrogativo che si posero Lavoisier, Davy e Liebig e quindi può essere considerato un interrogativo scientifico di prim'ordine.

Analizzando le rappresentazioni mediante simboli chimici (denominate comunemente «formule») di una serie di acidi, gli studenti giungono ad identificarvi la presenza costante del simbolo dell'elemento idrogeno (H). È così possibile passare ad un livello di concettualizzazione ben diverso da quello cui si era pervenuti nelle attività precedenti; ora gli acidi vengono concettualizzati come *quelle sostanze*

chimiche che contengono nella loro molecola almeno un atomo di idrogeno. Gli allievi sono passati da un concetto empirico, costruito a livello macroscopico, ad un concetto formale, costruito a livello microscopico, collegando il comportamento empirico degli acidi con la loro rappresentazione simbolica mediante i simboli chimici degli elementi.

Terminato il lavoro sulle sostanze acide, si passa a quelle basiche ed anche in questo caso gli allievi riscontrano la presenza dell'elemento idrogeno nelle formule di tutte le basi prese in considerazione. Tuttavia i dati sperimentali mostrano che le basi non si comportano come gli acidi, per cui il riferimento all'idrogeno non può essere accettato. In effetti, come fa immancabilmente notare qualche studente, le basi evidenziano, nella loro formula, anche un'altra particolarità: il gruppo OH. Con un ragionamento analogo a quello sviluppato nel caso degli acidi, gli idrossidi o le basi vengono ora concettualizzati come *quelle sostanze chimiche che contengono nella loro molecola almeno un gruppo OH*.

Se consideriamo la storia dei concetti di acido e di base, si può dire che gli studenti sono giunti al livello di concettualizzazione di Davy e di Liebig.

ATTIVITÀ 6

Nel corso delle discussioni gli allievi segnalano spesso che l'aceto, il limone, le arance, i pompelmi, ecc. contengono acido perché hanno «gusto acido». L'insegnante pone allora alla classe il seguente interrogativo: *qualcuno di voi è in grado di segnalare prodotti di uso quotidiano nei quali siano presenti sostanze acide oppure basiche?* Abituamente, gli allievi individuano facilmente i prodotti contenenti sostanze acide: aceto, limone, yogurt; coca-cola, citrosodina, polvere per acqua da tavola, caramelle frizzanti, compresse di vitamina C, ecc.; in genere è il gusto acido o acidulo di tali prodotti che li guida nella scelta. I prodotti che contengono sostanze basiche sono molto meno numerosi e di uso meno comune: si tratta in genere di prodotti usati per sturare i lavandini (Idraulico liquido, Niagara, ecc.). È opportuno che questa attività sia oggetto di un compito a casa, in quanto richiede una ricerca di informazioni di natura merceologica: composizione dei prodotti e individuazione delle sostanze acide o basiche in essi contenute.

ATTIVITÀ 7

L'insegnante pone ora gli allievi di fronte ad un nuovo interrogativo: *Se si addiziona una soluzione acida ad una soluzione basica, come si comporterà con gli indicatori il sistema risultante?* Durante la discussione, gli studenti manifestano opinioni diverse, in particolare alcuni ritengono che il sistema risultante si comporti sia come le sostanze acide sia come le sostanze basiche. L'insegnante procede allora ad una dimostrazione: preleva un volume della soluzione A (contenente acido cloridrico) e, dopo aver aggiunto due gocce di indicatore (metilarancio), vi fa gocciolare poco per volta, usando un contagocce, la soluzione C (contenente idrossido di sodio), fino a quando si percepisce il cambiamento di colore dell'indicatore che rivela che la soluzione non ha più l'acidità di partenza. Ora, il colore dell'indicatore mostra che la soluzione è diventata basica. Però, aggiungendo una o due gocce di soluzione A, si riottiene il colore iniziale; inoltre questi cambiamenti di colore, per addizioni di piccoli volumi di soluzioni contenenti sostanze acide oppure basiche, possono ripetersi moltissime volte. Gli allievi si trovano qui di fronte ad un nuovo problema: *Come è possibile spiegare questo comportamento? Come interpretare il fenomeno?*

Affrontando questi interrogativi, gli studenti partono dall'idea che le sostanze acide sono caratterizzate dalla presenza di atomi di idrogeno nella loro molecola, mentre quelle basiche sono caratterizzate dalla presenza del gruppo OH. Grazie ad un lavoro di riflessione (individuale) e di discussione (collettivo), la classe perviene a formulare idee di questo tipo:

- Se il comportamento di un acido con gli indicatori è dovuto alla presenza di H, sarà la loro scomparsa a causare un cambiamento di colore dell'indicatore.
 - Se il comportamento di una base con gli indicatori è dovuto alla presenza di OH, sarà la loro scomparsa a causare un cambiamento di colore dell'indicatore.
- Usando queste ipotesi per riflettere su ciò che avviene quando si mescolano soluzioni contenenti sostanze acide con soluzioni contenenti sostanze basiche, la classe giunge a condividere l'idea, che talvolta deve essere suggerita dall'insegnante, che si possa ragionare in termini di combinazione chimica di H con OH per dare H₂O.

In effetti, se si ragiona in questi termini, è possibile spiegare tutti i cambia-

menti di colore dell'indicatore nel corso degli esperimenti: quando tutto l'idrogeno dell'acido ha reagito con i gruppi OH della base, l'ulteriore apporto di questa al sistema fa assumere all'indicatore la colorazione tipica che manifesta in ambiente basico; a questo punto, un'ulteriore aggiunta di soluzione contenente la sostanza acida **A** provoca il progressivo consumo dell'eccesso di gruppi OH fino al ripristino della colorazione tipica dell'ambiente acido.

ATTIVITÀ 8

All'inizio di questa attività, l'insegnante ricorda agli allievi la conclusione alla quale la classe era giunta in precedenza: **Sono chiamati acidi quelle sostanze chimiche che contengono nella loro molecola almeno un atomo di idrogeno; sono chiamati idrossidi o basi quelle sostanze chimiche che contengono nella loro molecola almeno un gruppo OH.**

La classe dispone quindi di un modello di acido e di un modello di base che può essere utilizzato per decidere, disponendo della formula molecolare di una sostanza, se questa avrà caratteristiche acide, basiche o nessuna delle due.

L'insegnante fa presente agli allievi che si è sempre lavorato con sostanze acide e basiche in soluzione acquosa e che, fino ad ora, non ci si è mai chiesto se gli acidi e le basi **allo stato solido** si comportano come le loro soluzioni, ossia se danno le stesse reazioni chimiche caratteristiche. Poiché tra gli acidi inizialmente forniti agli allievi (attività 3) figura anche l'acido citrico (organico e solido), agli allievi viene proposto di mescolarlo intimamente con un carbonato solido (Na_2CO_3) in un mortaio, agendo con forza sul pestello⁴.

La possibilità che sostanze solide reagiscano tra loro è già a conoscenza degli allievi, poiché in precedenti attività essi hanno verificato che lo ioduro di potassio (solido bianco) mescolato in un mortaio con nitrato di piombo (solido bianco) provoca la comparsa di colore giallo dovuto allo ioduro di piombo. Anche in questo caso, si richiede agli studenti di proporre la sequenza di operazioni da eseguire. I dati sperimentali ottenuti dalla maggior parte degli allievi sono raccolti nella tabella 4.

Tabella 4 - Risultati sperimentali dell'attività 8

	H_2O	Na_2CO_3 (s)	Na_2CO_3 (sol.)
Acido citrico (s)	soluzione limpida	miscela di solidi	effervescenza

L'insegnante pone ora i seguenti interrogativi: **Secondo voi, qual è la funzione dell'acqua? Come mai solo in presenza d'acqua si osserva sviluppo di gas?**

Durante la discussione che segue, l'insegnante ha il compito di mediare tra le varie idee degli allievi; essi devono poter utilizzare in modo opportuno tutte le conoscenze di cui sono già in possesso per giungere a formulare le seguenti ipotesi:

	H_2O	Acido citrico (s)	Acido citrico (sol.)
Na_2CO_3 (s)	soluzione limpida	miscela di solidi	effervescenza

- Gli acidi, in soluzione acquosa, potrebbero dare origine a ioni.
- Le basi, analogamente agli acidi, potrebbero avere lo stesso comportamento.
- Dovrebbe essere possibile effettuare prove di conducibilità elettrica in soluzioni acquose di vari acidi e basi.

L'esistenza degli ioni è già nota agli allievi che hanno potuto constatare il diverso comportamento delle soluzioni acquose di differenti sostanze composte; le soluzioni di alcune sostanze non presentano valori di conducibilità elettrica diversi da quelli dell'acqua; in altri casi, invece, l'aggiunta di una sostanza all'acqua ne aumenta, anche in modo notevole, la conducibilità elettrica. Gli allievi confrontano dunque la conducibilità elettrica dell'acqua con quella di soluzioni contenenti quantità crescenti di alcuni acidi e basi.

Le verifiche portano a concludere che nelle **soluzioni acquose** degli acidi e delle basi sono presenti degli ioni; ma quali? Per rispondere a questa domanda, gli studenti sono invitati a riflettere sul modello di acido e di base che hanno a disposizione. Il problema che affrontano è quindi il seguente: **Sotto quale forma sono presenti in soluzione acquosa l'idrogeno che è caratteristico degli acidi e il gruppo OH che è caratteristico delle basi?** Il confronto e la discussione dei dati sperimentali porta la classe a concludere che nelle soluzioni di sostanze acide ed in quelle di sostanze basiche devono essere presenti specie ioniche, tra le quali è plausibile ipotizzare, rispettivamente, le specie H^+ e OH^- . La classe può quindi elaborare, in via ipotetica, una

nuova definizione delle sostanze acide e di quelle basiche: **sono sostanze acide quelle le cui soluzioni acquose contengono ioni H^+ ; sono sostanze basiche quelle le cui soluzioni acquose contengono ioni OH^- .**

In questo modo si perviene alla definizione proposta da Arrhenius per gli acidi e per le basi. L'insegnante pone allora agli allievi il seguente problema: **Secondo voi, la sostanza composta ammoniacca, la cui formula è NH_3 , è una sostanza acida o una sostanza basica?**

In base al modello elaborato, il composto ammoniacca NH_3 potrebbe essere una sostanza acida, poiché in soluzione acquosa potrebbe dare origine a ioni H^+ ; se così fosse, le sue soluzioni dovrebbero dare effervescenza con i carbonati, non dovrebbero formare un precipitato reagendo con acetato di manganese o con cloruro di magnesio, con gli indicatori dovrebbero assumere la colorazione tipica delle soluzioni acide. Tuttavia, quando si passa alla sperimentazione in laboratorio, la deduzione è grande. Non solo le soluzioni di ammoniacca non danno effervescenza con i carbonati, ma formano precipitati quando sono trattate con acetato di manganese e con cloruro di magnesio e con gli indicatori danno i colori tipici delle soluzioni contenenti sostanze basiche.

Di fronte a tale evidenza sperimentale, non rimane che ammettere che l'ammoniacca sia una sostanza che in soluzione acquosa manifesta proprietà basiche. Questa ammissione è gravida di conseguenze, in quanto inficia la validità del modello acido/base già elaborato; ciò significa che si deve pensare ad un altro modello che sia in grado di spiegare anche il carattere basico delle soluzioni acquose di ammoniacca. Dal punto di vista epistemologico, emerge il carattere evolutivo del sapere scientifico, concepito come una costruzione del pensiero che passa per fasi di rottura che vanno da un modello ad un altro più efficace. Ecco il nuovo problema di fronte al quale si trovano gli studenti: **Come spiegare il carattere basico delle soluzioni acquose di ammoniacca?** Nella formula molecolare di questo composto non sono presenti gruppi OH, ma i fenomeni presi in considerazione fanno ipotizzare che nelle sue soluzioni acquose siano presenti ioni OH^- ; **quale è dunque l'origine di questi ioni?** L'interrogativo viene po-

4 Attenzione: - Lavorare in assenza di umidità

sto agli allievi che ne discutono prima in piccoli gruppi di lavoro; segue poi una discussione collettiva, nella quale si mettono in discussione le idee espresse dai vari gruppi ed eventualmente quelle che propone l'insegnante. Si arriva così a concludere che l'unica spiegazione possibile è che si produca una reazione tra ammoniaca ed acqua che viene così schematizzata:



Se si accetta questa ipotesi, è possibile affermare che l'ammoniaca è una sostanza basica in quanto le sue soluzioni acquose contengono ioni OH^- . Però questi ioni si formano in seguito alla reazione dell'ammoniaca con l'acqua e quindi quest'ultima non è più soltanto un *solvente*, ma un vero e proprio *reagente*. Si tratta di un'idea importante che avrà un immediato sviluppo nel caso del modello proposto da Brønsted e Lowry per le sostanze acide e basiche e per la spiegazione dei fenomeni di idrolisi.

Gli studenti sono ora muniti della base di conoscenze necessarie per poter comprendere la teoria di Brønsted e Lowry nella quale gli acidi sono concettualizzati come sostanze in grado di donare protoni H^+ e le basi come sostanze in grado di accettarli. Questo è il compito che attende gli allievi che proseguiranno lo studio della chimica negli anni successivi; altre situazioni problematiche li condurranno anche a ritenere plausibile e opportuna l'adozione del modello di Lewis.

Diversa è la situazione degli studenti che non troveranno, nei loro studi futuri, ulteriori studi di chimica; riteniamo che, in questo caso, le conoscenze di tipo empirico e il modello interpretativo di Arrhenius corrispondano ad un livello di concettualizzazione sufficiente. Conoscere definizioni legate ai modelli più evoluti di acido e di base senza padroneggiare i concetti che ne costituiscono il contesto non ha alcun senso e pertanto non è obiettivo da perseguire.

Si è giunti a queste considerazioni dopo aver sperimentato questa sequenza per vari anni e in varie classi:

- negli anni scolastici 1999/2000 e 2000/01 in classi seconde (Istituto Tecnico Industriale - seconda metà dell'anno);
- 90 • dall'anno scolastico 1998/99 ininterrottamente sino ad oggi in classi terze (indirizzo chimico di un Istituto tecni-

co Industriale - inizio anno);

- nell'anno 2002/03 in una classe di Liceo Scientifico-Tecnologico (prima metà dell'anno).

Tenendo conto dei risultati raggiunti, si ritiene che la collocazione più opportuna delle attività descritte sia nella seconda metà di un corso di chimica di base; mediamente, sono necessarie circa venti ore per completare la sequenza. L'apprendimento è visto come il prodotto di un processo di costruzione di concetti, messo in moto da situazioni problematiche e favorito da discussioni e riflessioni collettive. L'apprendimento non può essere inteso come «cambiamento concettuale», ossia come la semplice sostituzione di un concetto con un altro concetto più adeguato ossia come un evento pressoché immediato, ma come un progressivo sviluppo concettuale che richiede comporta tempi più lunghi; è quindi necessario che l'insegnante sappia adeguare i tempi di ciascuna attività alle esigenze di ogni gruppo classe.

CONCLUSIONE

Questa sequenza ha una chiara impostazione di tipo storico: in effetti, gli allievi vengono portati a elaborare i modelli di sostanza acida e sostanza basica così come questi furono proposti dagli scienziati nel corso del tempo; essi inoltre sono talvolta posti nella condizione di affrontare problemi analoghi a quelli che si trovarono di fronte i ricercatori del passato. Questo approccio è giustificato da almeno due importanti ragioni:

1. Da un punto di vista epistemologico, la scienza non si caratterizza unicamente per i suoi **prodotti** (concetti, modelli, leggi, teorie), ma anche per i **modi di procedere** che essa adotta. Educare alle scienze, quindi, non significa semplicemente fare in modo che gli allievi ne conoscano i prodotti, ma portarli gradualmente ad acquisire i modi di ragionare degli scienziati. Questo significa che oltre a conoscere *che cosa* gli scienziati hanno prodotto, gli studenti dovrebbero anche capire *come* lo hanno prodotto (i processi mentali, i modi di ragionare) e *come mai* lo hanno prodotto (quali problemi li hanno spinti a produrre ciò che hanno prodotto). Il porre gli allievi, tutte le volte che ciò è possibile, di fronte agli stessi problemi che gli scienziati hanno affrontato e risolto, serve sicuramente a perseguire questo obiettivo.

2. Da un punto di vista didattico, i

saperi devono avere un senso per gli allievi. Il passaggio da un modo di concettualizzare gli acidi e le basi a quello che storicamente lo ha seguito non è gratuito; tale passaggio è stato proposto dagli scienziati quando il modello precedente non permetteva più di rispondere in modo soddisfacente a nuovi interrogativi, di affrontare con successo nuovi problemi. Lavorare sui problemi permette indubbiamente di costruire saperi che abbiano un senso per chi li acquisisce.

Con questo approccio è possibile fare risaltare il carattere evolutivo del sapere scientifico, e quindi presentare agli allievi un'immagine non stereotipata della scienza, mostrando che i saperi non sono né il frutto di improvvisi lampi di genio, né il risultato dell'osservazione attenta e senza pregiudizi della natura; al contrario, la loro elaborazione passa per un lungo e paziente lavoro di riflessione sui dati empirici e di scelte razionali tra congetture esplicative alternative. Di conseguenza, fare riferimento alla storia della scienza serve anche per ridimensionare le pretese educative e culturali degli insegnanti. Spesso sono necessari secoli per elaborare saperi che oggi sembrano evidenti e banali ad un esperto della disciplina: anche se questo non significa che ogni allievo avrà bisogno di altrettanto tempo, sicuramente sottolinea che non si tratta di saperi evidenti, acquisibili con semplici attività di osservazione della realtà. In particolare, l'approccio storico evidenzia l'inconsistenza di una concezione del sapere scientifico come risultato di apporti successivi che, per approssimazioni e rettificazioni successive, contribuiscono ad un continuo accrescimento delle conoscenze che vengono progressivamente a completare un edificio; come se la scienza fosse il frutto di un progresso inarrestabile verso l'oggettività e l'universalità e potesse sfociare su verità definitive. Come risulta chiaramente dai successivi modelli adottati per le sostanze acide e quelle basiche, non vi è un rapporto di continuità tra i saperi costruiti nel corso del tempo, per cui i saperi più recenti integrerebbero quelli precedenti, ma una serie di rotture che segnano radicali mutamenti di problematica.

Un approccio di questo tipo può contribuire a sviluppare le capacità critiche degli allievi, mostrando che il processo di sviluppo dei saperi scientifici non consiste semplicemente in un processo di accumulazione, nel quale

saperi nuovi si aggiungono a quelli già disponibili senza soluzione di continuità, ma che, al contrario, si tratta di un'attività sociale ricca di contrasti e mediazioni. Infine, adottare dispositivi di insegnamento che valorizzino la storia della scienza significa dare agli allievi l'opportunità di fare giocare un insieme di ipotesi, di sperimentazioni e di interpretazioni relative al fenomeno preso in esame. Significa pure portarli ad apprezzare la coerenza ed il su-

periore potere esplicativo del sapere scientifico odierno, grazie al fatto che diventano consapevoli del conflitto tra la spiegazione scientifica attuale di un fenomeno e quelle proposte da studiosi del passato, formulate sulla base di idee che presentano analogie più o meno marcate con le concezioni che spesso gli allievi condividono.

Bibliografia

A.J.Rocke, *Chemical Atomism in the Nineteenth Century*, Ohio State University

Press, Columbus, 1984

T.H.Levere, *Affinity and Matter*, Clarendon Press, Oxford, 1971

W.H.Brock, *The Fontana History of Chemistry*, Fontana Press, 1992

A.J.Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Dover Publications Inc., New York, 1984

W.F.Luder, *J. Chem. Ed.*, **25**, (1948), 555-558

Lettere

Caro Direttore,

Scrivo in riferimento alla comunicazione della prof.ssa Aquilini sui modelli scientifici, pubblicata insieme alla mia lettera sul primo CnS del 2003. Spero di non avviare una telenovela, ma devo dire che ho notato uno scollamento tra l'eccellente analisi teorica del concetto di modello e la conclusione pessimistica sulla possibilità di accesso alla modellizzazione degli adolescenti, basata esclusivamente sull'esperienza di alcuni casi particolari, anche se diffusi, nella scuola della trasmissione dei contenuti. Non ci sono reali incompatibilità con il nostro programma che, adottando un diverso "modello" per l'educazione scientifica nella scuola di base, offre opportunità per l'uso efficace dei modelli scientifici anche in adolescenza e in pre-adolescenza.

Non dobbiamo dimenticare che l'acquisizione di un dato modello, *che può avere vari livelli di aderenza alle teorie scientifiche complete senza essere per questo meno valido*, non è tanto un obiettivo, quanto un'impresa metacognitiva che accompagna la costruzione della conoscenza dell'allievo. Lo scienziato stesso costruisce metafore e allegorie *dopo* aver tratteggiato un modello che controlla sistematicamente le similitudini con la realtà. Questo è anche il processo che desideriamo sia attivato dagli alunni più giovani, inizialmente nell'indagine su sistemi molto più semplici rispetto al livello micro della materia. Dimenticare il ruolo fondamentale della *costruzione* dei modelli, nel fornire una *base* alla futura istruzione scientifica poli-disciplinare, significa creare un circolo vizioso: anche per l'adulto o insegnante non si potrebbe mai accedere alla conoscenza scien-

tifica! Il criterio secondo cui, per evitare di confondere la realtà col modello, occorre avere una conoscenza adulta delle teorie scientifiche, ci precluderebbe dal conquistare tali modelli teorici a meno di non entrare negli staff di ricerca. Se invece vediamo il modello come uno strumento facilitatore, adulti e studenti universitari potranno ben utilizzare un processo deduttivo per razionalizzare la realtà e anche per riconoscere le similitudini e la genesi dello stesso modello. Come sostenuto da Ausubel, ma ancora oggi per lo più ignorato, l'approccio per scoperta, alle conoscenze, non è necessariamente il più conveniente a tutte le età.

La proposta che abbiamo inserito nel progetto "Le Parole della Scienza in Rete" (1) è cosa ben diversa dall'insegnamento di immagini allegoriche già belle e pronte per far sì che gli alunni, alla domanda "che cos'è l'atomo di Thomson" rispondano: "quello del panettone?" accomentando il loro prof sorridente, complice il testo di chimica. Queste sono risposte che derivano da uno scorretto metodo di insegnamento, non dal fatto che gli alunni di 14 - 15 anni non abbiano capacità di astrazione sufficienti per capire perché l'impasto, perché piccole uvette, perché distanziate e perché immobili, in rapporto di similitudine con le conoscenze sulla materia e sull'elettrone di fine XIX secolo.

Il buon Robert Karplus, che dopo aver dato rilevanti e fondamentali contributi alla fisica si dedicò alla ricerca educativa, introdusse il concetto di modello - teoria tra quelli basilari dello SCIS, progettando e mettendo in produzione dei "sistemi a scatola chiusa" con ingranaggi intercambiabili, che pagherei una cifra per entrarne in possesso. Girando una manopola da una

parte si muovono i numeri su una corona circolare posta da un'altra parte. Attraverso varie ipotesi si può costruire un modello relativo al numero di ingranaggi interposti e al loro numero di denti. Abbiamo inventato alcune "scatole nere" alternative, realizzabili con materiali di fortuna e gli esperimenti fatti con le quinte elementari ci incoraggiano a proseguire nella direzione indicata da Karplus. Stiamo lavorando su un'ipotesi pedagogica ottimistica: che i ragazzi delle scuole medie possano comprendere che *a*) i modelli sono indispensabili per trattare sistemi o fenomeni complessi, *b*) che essi sono in grado di costruire modelli che siano in grado di tener conto di dati aspetti della realtà, *c*) che capiscano che i modelli sono costrutti intellettuali e non la realtà stessa, *d*) che possono esistere diversi modelli alternativi per una stessa entità reale.

Le indicazioni Nazionali per la riforma della scuola media (pur non facendo un gran servizio alla chimica) danno gran rilievo alla "scoperta" del modello, distinguendo tra modello in senso generale e modello matematico-scientifico. Concludo con una sola battuta sul modello *particellare*, che non era l'oggetto centrale della mia lettera, invitandovi a leggere Pera e Carpignano che in una pubblicazione della D.D. S.C.I. (2) propongono, per il primo superiore, un "modello fertile e suggestivo. Il modello particellare che qui si propone è formalmente corretto e, in definitiva, rigoroso..."

(1) <http://81.113.59.234>

(2) http://www.cobianchi.vb.it/area_chimica/pdf/modulo2.pdf

Alfredo Tifi

Mi sia permesso di entrare nell'agone

Forse si sta verificando l'evento tanto atteso: i nostri lettori hanno deciso di uscire allo scoperto per dibattere i problemi fondamentali dell'insegnamento chimico, hanno deciso di farci sapere come la pensano; la discussione tra gli amici Tifi e Aquilini (v. CnS n.1 del 2003) mi ha riscaldato il cuore e spero che non me ne vorranno se entro nell'agone.

Ho dedicato a suo tempo abbondanti riflessioni al tema focale, relativo alla natura e all'uso dei modelli nella ricerca e nella didattica chimica[1] ed anche le altre questioni connesse, che emergono negli interventi di Aquilini e Tifi, suscitano il mio interesse, mi sento quindi indirettamente chiamato in causa.

Vorrei procedere senza un ordine particolare, seguendo il filo degli stimoli che mi pervengono direttamente dalla lettura degli interventi e vorrei entrare gradualmente nel merito della questione centrale.

Intanto vorrei fare notare come la *vis polemica* abbia un poco travolto i nostri amici. Essi sembrano non accorgersi di discutere, problemi in una certa misura diversi, usando linguaggi diversi e soprattutto partendo da premesse diverse.

Io credo che per rendere produttiva la discussione noi dovremmo prima di tutto accordarci su alcuni punti, in modo da evitare le inutili divaricazioni o le insidie dei parallelismi convergenti di vecchia memoria. È necessario soprattutto essere disponibili a modificare il proprio punto di vista.

Tifi dichiara di adottare la teoria costruttivista ed anche Aquilini si presuppone che abbia una visione simile dal momento che cita Bruner ed apprezza le teorie di Vygotskij. Questo trova il mio pieno consenso perché, come ho avuto modo recentemente di sottolineare [2], questa è una impostazione squisitamente didattica.

ERMANNONE NICCOLI*

Mi sembra di capire che Tifi si rivolga a bambini di 10-11 anni (o alle maestre?) e Aquilini a ragazzi di 14-15 anni. Vogliamo discuterne come se si trattasse di un unico problema? Io da vecchio piagetiano penso che i due casi dovrebbero essere tenuti nettamente distinti.

Ho trovato problematico a questo proposito il sillabo enunciato da Tifi: da qualsiasi punto di vista sia letto, appare ad un tempo sapido ed eterogeneo, forse perché attinge a fonti di diversa provenienza. Le voci di un sillabo tuttavia dicono poco o nulla su come i concetti sono trattati didatticamente.

Mi ha in particolare colpito il concetto di probabilità. Ho avuto occasione di insegnare oltre che nella scuola secondaria superiore anche all'università e posso garantire che il concetto di probabilità non è pienamente dominato nemmeno dagli studenti dei primi anni di università, inoltre è sintomatico il fatto che gli studenti di scuola secondaria superiore nelle remore di un discorso tendono a sostituire la parola (e quindi il concetto) "probabilità" con la parola "possibilità".

Ho dei dubbi che il suddetto sillabo sia pienamente padroneggiato dai docenti della scuola dell'obbligo. Sono stati predisposti dei corsi di aggiornamento?

Passiamo ora al problema dei modelli che mi sta a cuore. Sono d'accordo con Aquilini che nel linguaggio corrente, nel linguaggio didattico ed in quello scientifico modelli, similitudini, metafore allegorie, figure retoriche di vario tipo (perché non le parabole?) si mescolano allegramente, s'intrecciano e ci danno quell'affascinante labirinto che è il linguaggio creativo. Sono anche d'accordo sul fatto che le metafore possano giocare un ruolo importante anche in ambito scientifico. È notevole ad esempio il ruolo che le metafore del lin-

guaggio, del codice e del messaggio hanno giocato nello stimolare prima e nel rappresentare dopo le ricerche sul DNA; sembra addirittura, ma mi mancano i dati bibliografici, che Schrödinger in una lettera inviata a Watson e Crick in occasione della scoperta del DNA, abbia affermato che alcuni fisici riferendosi alla metafora del linguaggio e basandosi sulla matematica combinatoria fossero arrivati ad ipotizzare qualcosa che preludeva al codice genetico.

Vorrei tuttavia fare alcune precisazioni. Un modello scientifico è una **rappresentazione**, in una qualche forma, di un concetto scientifico o di un sistema oggetto di studio scientifico; questa rappresentazione può essere più o meno completa, può essere espressa con linguaggi più o meno formali (ad es. iconico, matematico, chimico, ecc.), ma è uno strumento di comunicazione e, in quanto tale, deve essere definito con rigore, non può essere lasciato alle fluttuazioni di significato a cui vanno viceversa soggette, come bene ci ha illustrato Aquilini, le metafore, le similitudini o le figure retoriche.

A loro volta i modelli didattici debbono attenersi per quanto possibile ai modelli scientifici per evidenti ragioni di rigore formativo ma non possono ignorare le forche caudine dello sviluppo cognitivo; ecco quindi la necessità di attingere in modo sorvegliato al mondo delle metafore senza però dimenticare mai il "...come se...". Se uno studente di quindici anni fa confusione tra il modello dell'atomo di Thomson e il panettone con le uvette, si possono fare differenti ipotesi:

- lo studente è completamente imbecille;
- lo studente parla di chimica mentre pensa ad altro e non vede l'ora di "levarsi dai coglioni" quel rompiscatole del prof (è un simbolo e quindi si scrive senza il punto);
- l'insegnante nella foga del discorso si è dimenticato di sottolineare

ripetutamente il "...come se...";

- a ben vedere, l'insegnante si è abituato a confondere il modello atomico con il panettone.

I modelli e le altre forme di rappresentazione possono essere definiti a partire da differenti punti di vista, le definizioni che si ottengono sono tutte vere, tutte inevitabilmente parziali ma non tutte ugualmente funzionali.

Vorrei ricorrere a qualche esempio. Un punto di vista utilitaristico ad esempio mette appunto in rilievo l'utilità della definizione sotto il profilo applicativo e didattico; un punto di vista linguistico permette di controllare la chiarezza semantica dei termini usati e la coerenza delle proposizioni per cui alla maniera dei letterati si parte dai significati per risalire alla natura delle cose; un punto di vista epistemico ci conduce attraverso una analisi di tipo filosofico a scoprire gli elementi di verità contenuti nelle nostre definizioni; si può partire anche da un punto di vista sistemico, come a suo tempo abbiamo fatto indipendentemente Roletto [3] ed io¹, punto di vista che è suscettibile a mio avviso di dare buoni frutti.

Aquilini sceglie un punto di vista linguistico, sviluppa un'analisi corretta, elegante in alcuni suoi passaggi, ma alla fine del ragionamento la conclusione è che i modelli appaiono in buona misura assimilati alle metafore ed alle similitudini; ciò non è funzionale per una didattica scientifica in quanto si lasciano in ombra distinzioni didatticamente importanti. Se posso ricorrere ad una metafora, più elementi che vengono a trovarsi prospetticamente in sovrapposizione, rischiano di essere indistinguibili.

Anche i concetti di simbolo e di funzione simbolica tendono impropriamente a sovrapporsi al concetto di modello creando una certa indeterminatezza quando si va a parlare di rappresentazione simbolica dei modelli: i modelli sono espressi evidentemente mediante linguaggi differenti e tutti i linguaggi, compresi quello iconico e quello mimico o gestuale (da preferire alla rappresentazione attiva di Bruner), sono costruiti mediante dei simboli. Vorrei sottolineare che quanto detto dal Bruner nella sua fase piagetiana [4] mi appare superato ancorché sommario, inoltre è una classificazione più che una definizione.

Con qualche esempio leviamoci ogni dubbio sulla distinzione tra modello e simbolo: mentre una carta geografica è una rappresentazione e quindi un

modello della nostra amata patria, il tricolore ne è il simbolo. Allo stesso modo mentre Cl è il simbolo del cloro, e non pretende di modellizzare alcunché, la formula bruta Cl₂, in base alla definizione sistemica da me adottata, è un modello per quanto elementare della molecola del cloro.

Per concludere, non disprezzerei assolutamente i modelli *stick and ball*. Troppe volte ho visto ricercatori risolvere ardui problemi di stereochimica, manipolando questi modellini e dimenticandosi per un momento di avere tra le mani non le molecole bensì palline di legno.

Molte altre osservazioni di Aquilini sulla natura dei modelli mi trovano pienamente d'accordo.

Tifi non sente la necessità di affrontare questi problemi in quanto quando parla di modello, si riferisce al modello iconico più elementare cioè quello relativo ad una generica particella indifferenziata.

A questo punto prescindendo per un momento dal problema relativo alle differenti fasce di età, vorrei toccare la nota dolente senza la quale questa interessante discussione forse non sarebbe mai nata: **l'uso precoce del modello particellare con lo scopo di spiegare a partire da una visione microscopica i fenomeni (fisici e chimici) macroscopici**.

Il problema è socialmente rilevante. Come fa notare Tifi, gli studenti hanno un contatto precoce e quotidiano con altre agenzie formative che non si peritano certo di parlare di particelle, di molecole, di DNA, di virus o quant'altro, inoltre dopo la scuola dell'obbligo molti soggetti politicamente attivi inizieranno la loro navigazione nel mondo dell'informazione, recando con se esclusivamente il bagaglio culturale ricevuto dalla scuola dell'obbligo.

Una cosa va chiarita, essi probabilmente non andranno mai oltre la cultura del "...come se..." e d'altro canto prendere consapevolezza della natura dei modelli significa accedere ad una vera e propria forma di metaconoscenza cioè ad una riflessione di ordine superiore, spesso assente negli stessi insegnanti. Ad ogni buon conto mi sembrerebbe necessario che Aquilini ci dicesse quando secondo lei si può iniziare a ragionare sui modelli microscopici, quando cioè la maturazione cognitiva e le conoscenze teoriche di matematica e di fisica permetteranno di affrontare in modo adeguato il problema della struttura e della reattività molecolare.

Vorrei fare presente a questo proposito che molti concetti di fisica, che troviamo nei programmi di scuola media, e che sono trattati come se fossero elementari, comportano viceversa livelli di astrazione e di formalismo elevati: il concetto di forza ad esempio è difficile da introdurre, da immaginare e da rappresentare, in quali termini lo vogliamo proporre? Vogliamo introdurre i vettori? Il rischio che si corre, è che il tutto venga ridotto ad una specie di gioco con l'arco o che venga identificato, per sentito dire, con una pratica Zen! D'altro canto se assumiamo una posizione di cesura radicale di tali argomenti, a che cosa si riduce il programma di scienze nella scuola dell'obbligo? A pochi elementi descrittivi di botanica e di zoologia per cui è meglio affidarci ai programmi televisivi sulla "natura amica".

Leggendo le affermazioni di Aquilini e di altri autori che coltivano lo stesso filone di pensiero, si ha la sensazione che sia forte la tentazione di spostare il tutto a un livello preuniversitario, nonostante che i ritardi nella maturazione cognitiva, come ho avuto modo di riassumere in una mia vecchia pubblicazione [5], si protraggono anche a questo livello. Mi sembra che per questa via sia impossibile risolvere il problema.

Valitutti e Tifi tentano una soluzione che si colloca all'estremo opposto, propongono di introdurre una serie di concetti generali, tra questi una versione estremamente semplificata della struttura particellare, e cercano di evitare ogni connotazione disciplinare. Ma Piaget ci avverte in modo documentato che l'abilità acquisita rimane legata al contesto in cui è nata al punto tale che non è immediatamente e facilmente trasferibile ad altri ambiti: stiamo parlando dei *decalage orizzontali* [6] tante volte citati su questa rivista.

Io propongo di cercare delle soluzioni facendo riferimento ai tre pilastri del costruttivismo cioè a Piaget, a Vygotskij e a Bruner. Non pretendo con ciò di suggerire un piano di ricerca ma mi limito a qualche sottolineatura.

Bruner, in un contesto costruttivista, c'invita ad interpretare la mente degli altri [7], e sottolinea che persino un neonato impara ad interpretare quanto sta passando nella mente della madre.

Piaget ci dimostra nella sua ricerca [8] come il bambino, nel tentativo di spiegare i principi di conservazione della massa, del peso e del volume, possa giungere **spontaneamente** ad una vi-

sione particellare della materia. L'apprendimento è tutt'altro che lineare, attraversa una serie di stadi che comprendono molte correzioni di percorso. Vygotskij [9] sottolinea la funzione del linguaggio, come strumento-stimolo, nel promuovere e nell'accelerare lo sviluppo cognitivo dell'individuo, nell'abbreviare le distanze tra ontogenesi e filogenesi. Con il concetto di Zona di Sviluppo Prossimale ci suggerisce inoltre un metodo di lavoro.

Nel frattempo, visto che la vecchia scuola qualcosa ha prodotto, possiamo andare avanti empiricamente [10].

Vorrei chiudere queste mie "spigolature", invitandovi a leggere con me quanto lo zio Dave (chimico) spiega ad Oliver Sacks (bambino) a proposito dei cristalli cubici di galena [11]:

“ Nel museo c'era una enorme massa di galena - doveva pesare più di una tonnellata - costituita di cubi lucenti grigio scuro di dodici-quindici centimetri di larghezza nei quali erano spesso inclusi cubi più piccoli. Questi a loro volta contenevano dei cubi ancora più piccoli, che a quanto pare si sviluppavano dai più grandi, come potevo constatare scrutando attraverso la mia len-

te di ingrandimento. Quando gliene parlai, lo zio Dave mi spiegò che la galena aveva una struttura cubica a diversi livelli, e che se avessi potuto osservarla ingrandita un milione di volte, avrei visto delle strutture cubiche, con altri cubi più piccoli attaccati. La forma dei cubi di galena, e in generale di tutti i cristalli, mi raccontò lo zio Dave, era una espressione del modo in cui i loro atomi erano disposti nello spazio: in altre parole dei loro modelli o reticoli tridimensionali fissi.”

Bibliografia

- [1] a) E. Niccoli, in A.A.V.V. "Fondamenti Metodologici ed Epistemologici, Storia e Didattica della Chimica", vol. 2, pag.165, S.T.A.R. CNR, Pisa,1998
 b) E. Niccoli, CnS-La Chimica nella Scuola, **1**, 24 (1996)
 c) E. Niccoli, La Didattica, **4**, 93 (1997)
 d) E. Niccoli, La Didattica, **1**, (1998)
 [2] E. Niccoli, CnS-La Chimica nella Scuola, **2**, (2003) (*in corso di pubblicazione*)
 [3] a) E. Roletto, P. G. Albertazzi, A. Regis, CnS-La Chimica nella Scuola, **1**, 14, (1996)
 b) E. Roletto, P. G. Albertazzi, A. Regis, CnS-La Chimica nella Scuola, **2**, 37,

(1996)

[4] J. S. Bruner e all., "Lo sviluppo cognitivo", Armando Ed., Roma, 1973

[5] E. Niccoli, La Chimica nella Scuola, **4-5**, 13 (1979)

[6] J. H. Flavell "La mente dalla nascita all'adolescenza nel pensiero di Jean Piaget", Roma, Astrolabio Ed., 1971.

[7] J. Bruner, "La cultura dell'educazione", Feltrinelli Ed., Milano, 1997

[8] J. Piaget, B. Inhelder "Lo sviluppo delle quantità fisiche nel bambino: conservazione e atomismo" La Nuova Italia Ed., Firenze, 1975

[9] O. Liverta Sempio (a cura di), "Vygotsky, Piaget, Bruner: concezioni sullo sviluppo", Cortina Ed., Milano (1998)

[10] Ho avuto notizia che nel frattempo è arrivata in redazione una replica di Tifi. Nello stendere questa nota, ne ho volutamente ignorato i contenuti allo scopo di lasciare tutti i giochi aperti. Il mio scopo infatti non è quello di avere ragione ma di arrivare ad un orientamento condiviso da larga parte dell'associazione.

[11] O. Sacks "Zio tungsteno - ricordi di un'infanzia chimica-", Roma, Adelphi Ed., Milano, 2002.

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

di **ERMANNIO NICCOLI**

Imparare ad insegnare?

Che cosa deve saper fare un insegnante? Innanzitutto deve conoscere la propria disciplina, quindi deve saper pianificare il proprio lavoro, deve inoltre sapere rapportare i concetti al livello di sviluppo dei propri allievi, deve infine sapere usare flessibilmente gli strumenti di comunicazione e le tecniche di verifica.

Tuttavia un insegnante così attrezzato, anche se possiede una lunga esperienza, può rivelarsi mediocre e tedioso. Ma allora che cosa significa insegnare con efficacia?

Per rispondere a questo interrogativo proviamo a mettere la nostra professione sotto la lente di ingrandimento.

94 Il motivo per cui il famoso volume di Novak si intitola "Imparando ad imparare" e non "Insegnando ad imparare",

sta nell'impostazione costruttivista di Novak e nella sua convinzione che la partecipazione attiva del discente, fino all'acquisizione della consapevolezza del proprio apprendere, è un passaggio ineludibile.

A maggior ragione non possiamo intitolare un corso della SSIS "Insegnando ad insegnare", dobbiamo viceversa orientarci verso un titolo del tipo "Imparando ad insegnare".

Possiamo completare questa specie di riflessione semantica con un titolo cacofonico ma corretto ossia dobbiamo dire che la nostra azione è diretta a fare in modo che il corsista SSIS "impari come si impara ad imparare"!

Evidentemente, dal momento che le parole sono portatrici di significati multipli che possono variare al mutare del

contesto, si può giungere a concetti molto articolati anche partendo da un'analisi rudimentale delle parole stesse. Nel nostro caso si mette in evidenza l'estrema complessità del rapporto didattico: nel caso della formazione di formatori (futuri insegnanti) dobbia-

mo pensare ad una sorta di didattica elevata al quadrato.

Qualsiasi tipo di comunicazione rappresenta sempre, in senso lato, un'azione formativa per ambedue i soggetti che comunicano, di norma l'azione non è simmetrica per le diverse caratteristiche dei due soggetti, nel nostro caso il docente e il discente, e quindi la comunicazione inciderà diversamente sulle rispettive visioni delle cose.

Non c'è dubbio che la comunicazione avviene, un poco meno certi sono i concetti realmente comunicati, assolutamente incerti sono i meccanismi della comunicazione stessa. D'altro canto questi meccanismi, che vorremmo tanto conoscere per poter pilotare il processo didattico, a ben vedere, se noti e controllati in modo totale, finirebbero per violare ogni libertà del discente rispetto al processo di apprendimento.

Quindi ritornando a Novak, la comunicazione o meglio la **condivisione della conoscenza** rappresenta l'aspetto cruciale del costruttivismo.

Qualche chiarimento su questa condivisione ci viene da una serie di studi

d'ispirazione vygostskiano-bruneriana che guarda all'azione del singolo come parte di un più ampio funzionamento sociale, partecipe della **messa a punto di strumenti cognitivi e psicologici** comuni, dove il linguaggio (i linguaggi?) è uno strumento di rappresentazione del comune sapere quindi strumento privilegiato della mediazione culturale.

Bruner dal canto suo ha elaborato una teoria della mente la quale prevede che il soggetto evolva attraverso un **intreccio tra azione e coscienza** e, così facendo, acquisisca gradualmente la **comprensione della mente propria ed**

altrui cioè una metaconoscenza a tutto campo; la capacità di **leggere la mente altrui e di comprenderne gli stati intenzionali** è un momento fondamentale della comunicazione all'interno di un ben definito contesto.

In questa situazione docente e discente, forti di una **comune condivisione dell'attenzione**, anticipano le reciproche intenzioni ed ambedue sono fortemente motivati a creare dei nuovi significati per interpretare la realtà.

In questo modo si cominciano a definire quelle che potremmo chiamare le condizioni dell'apprendimento tuttavia rimane ancora indefinita la natura vera della comunicazione e quindi il meccanismo dell'insegnamento.

Poniamoci ancora con forza la domanda: è possibile insegnare a comunicare ossia è possibile insegnare ad insegnare?

Lo psicanalista junghiano Umberto Galimberti posto di fronte a questa domanda, risponde testualmente come segue.

“Penso proprio di no. L'empatia cioè la capacità naturale di sintonizzarsi sugli stati d'animo profondi di quell'altro, è un talento che si ha dalla nascita. E non c'è nessun modo di insegnarlo. Ormai nella nostra società siamo convinti che tutto il sapere sia trasmissibile, che attraverso l'acquisizione delle tecniche si possa imparare il talento. Ma non è così. Platone distingueva tra arti trasmissibili, le tecniche, e quelle non trasmissibili, le virtù. Come si fa ad insegnare come sentire la sofferenza, la gioia, la rabbia di un altro uomo?”

Galimberti chiarisce anche che lo stesso intervento del psicanalista è dipendente dall'empatia che egli sa sviluppare.

Continua dalla pagina 71

vono medicine e disinfettanti e cosmetici e materie plastiche e transistor e vernici. Ciò che non esclude che molte sostanze in commercio siano state o siano dannose alla salute, siano state o siano fabbricate con processi che inquinano l'atmosfera, le acque e i polmoni dei lavoratori, che lasciano sul terreno residui tossici per decenni.

La terza fonte di equivoco è rappresentata dalla limitata capacità del mondo imprenditoriale, nel settore della chimica, di parlare con il pubblico, al di fuori di campagne pubblicitarie poco convincenti. I cittadini sentono parlare di fusioni e di divisioni di grandi gruppi chimici (si pensi alle avventure dei gruppi finanziari di Rovelli e di Ursini che hanno costruito con pubblico

denaro, nel Mezzogiorno, grandi stabilimenti chimici che non hanno prodotto un solo chilo di merce; si pensi alla commedia, negli anni scorsi, della fusione Montedison-Enichem e poi del divorzio, dopo pochi mesi); di privatizzazione delle società chimiche dello stato e di vendita di imprese e marchi che sono state in passato segni di innovazione, di orgoglio, di lavoro, eccetera.

Come possono i cittadini giudicare che cosa è utile al loro benessere e alla loro salute se nessuno — governi e industrie e professori universitari — è capace, o vuole, spiegare che cosa le fabbriche producono, dove, con quali materie, con quali processi, con quali effetti inquinanti?

Merci fondamentali per la vita quotidiana — l'acido solforico, l'ammoniaca, i concimi, il

Ho sempre pensato che per bene insegnare fosse necessario che l'insegnante riuscisse ad immedesimarsi nel pensiero e nell'atteggiamento interiore dei suoi allievi e nello stesso tempo mettesse i suoi allievi in grado di capire le sue intenzioni. Credo che questa mia convinzione coincidesse, seppure in maniera approssimativa, con ciò che Bruner intende per comprensione della mente e Galimberti per atteggiamento empatico.

Ancora una volta si deve ammettere che la sfera affettiva irrompe con forza nel processo didattico e ne condiziona gli esiti.

In accordo con la visione di Platone citata da Galimberti, un vecchio detto afferma essere l'insegnamento un'arte: anche se si serve di varie tecniche, o di metodologie che dir si voglia, **l'insegnamento non è una tecnica**.

Tuttavia questa affermazione solleva alcuni dubbi: chi non è provvisto da madre natura di questa “virtù” deve rinunciare a fare l'insegnante? E di conseguenza quale può essere il ragionevole obiettivo delle SSIS?

Fortunatamente tutti gli esseri umani sono dotati, seppure in misura molto diversa, della capacità di comunicare cioè dell'indispensabile “virtù” che si chiama empatia. È auspicabile che il futuro insegnante la posseda in larga misura e si sforzi di coltivarla.

Nel frattempo in attesa di applicare la suddetta “virtù” è bene che il futuro insegnante, corsista della SSIS, impari ad usare le “tecniche” evitando accuratamente di guardare al compito futuro come ad una serie di adempimenti. Per la cronaca gli adempimenti rappresentano la lettura burocratica e riduttiva delle metodologie scolastiche.

caprolattame, il fenolo, il carbonato sodico, il cloro, il butadiene eccetera — circolano intorno a noi, nei camion e nei carri cisterna, sulle strade e le ferrovie, senza che nessuno sappia che cosa sono queste materie, come sono fatte, senza poterle neanche riconoscere.

In questo silenzio non c'è da meravigliarsi se, quando un camion è coinvolto in un incidente e sversa nell'aria o sul suolo il suo contenuto, quando avviene un incidente come quello di Seveso o quello di Bhopal, le persone comuni attribuiscono alla “chimica” gli effetti perversi, lo spavento, le morti, le sofferenze.

La salvezza, la salute dei cittadini, la sicurezza dei lavoratori, dipendono da una ri-

Continua alla pagina 99

Nobel

Riassunto

L'articolo presenta il sito ufficiale della fondazione Nobel. Sono brevemente descritti alcuni possibili percorsi di navigazione.

Abstract

The article deals about the official site of the Nobel foundation. Shortly some navigation ways are described.

Una rassegna dei siti scientifici prestigiosi deve comprendere fra i primi elementi il sito della fondazione Nobel, all'indirizzo <http://www.nobel.se/>. È probabilmente il miglior punto di partenza per una panoramica sullo sviluppo delle scienze nel Novecento; seguire le scelte della commissione anno per anno è un buon modo per valutare come venissero percepiti nuovi settori di ricerca o quale fosse l'impatto di una scoperta all'interno di una comunità. Infatti il sistema delle nomine al premio (interno) permette di allineare lo sguardo dello storico a quello della comunità scientifica coinvolta. I motivi della scelta del vincitore sono complessi e non tutti determinabili, ma alcuni elementi possono essere stabiliti. Ad esempio i premi mancati o ritardati rendono conto, oltre che delle scelte politiche che come sempre sono pesantemente condizionanti, del mancato ritorno di una ricerca all'interno della disciplina madre. Un forte ritardo può essere letto come indice di una scoperta davvero precoce, il riflusso della quale giunge solamente dopo una lenta assimilazione. Oppure il ricorrere di premiati operanti all'interno di un particolare campo (ad esempio raggi e radiazioni varie per la fisica dell'inizio del secolo) è segno di una "moda scientifica", indica dove si concentrassero interesse e prestigio. Naturalmente questo vale anche per gli anni più recenti ed è quindi possibile

FRANCESCA TURCO*

fare qualche riflessione sulla strada che stanno cogliendo le scienze (e non solo) al momento. Non più di questo però: alcune lacune (per tutti G. N. Lewis), oltre a togliere un po' di prestigio al premio,¹ mettono in guardia dalla tentazione di identificare la storia di una disciplina con la storia del relativo premio Nobel.

Il contenuto del sito è chiaramente determinato: sono contemplati solo i vincitori del premio, ma in questi limiti molto specifici tutto quello che ci si aspetta di trovare si trova, e piuttosto ben fatto.

All'interno del sito si può cercare in vari modi. Digitando nella casella di ricerca il nome di un laureato si è guidati direttamente alla pagina relativa. Qui si troveranno le foto ufficiali, la sintetica motivazione di assegnazione del premio e collegamenti ad una serie di articoli integralmente riportati dalle *Nobel lectures*. Fra questi il discorso ufficiale letto dalle autorità svedesi al momento della cerimonia (al collegamento 'Presentation speech') e quello letto dal laureato ('Nobel lecture'). Questi sono particolarmente interessanti perché se ne può dedurre quali aspetti delle scoperte celebrate con il massimo riconoscimento colpirono maggiormente la comunità scientifica contemporanea e il protagonista stesso della scoperta; spesso si trova che non sono quelli che si sono poi rivelati più fecondi di conseguenze importanti e che ci appaiono più ovvii. È quindi fornita, per ciascun Nobel, una fonte - primaria - particolarmente preziosa. Di tutti i premiati è disponibile la biografia (autobiografia o sintetico curriculum per i più recenti) e per ciascuno è presente



disegno di Kevin Pease
 sito <http://cerulean.st/tower/art12.htm>

una serie di risorse opzionali che spaziano dalla curiosità (i francobolli del Nobel) a materiale importante come eventuali interviste (le più recenti in versione filmata, visibili con Real Player). Partendo da una pagina è possibile seguire agilmente dei percorsi storicamente molto validi: si possono andare a vedere gli altri premi assegnati nello stesso anno o scorrere avanti e indietro, nella stessa disciplina, i vincitori degli anni circostanti.

Una ricerca meno mirata può partire dalla scelta della disciplina di interesse. In alto nella home page sono elencate le discipline laureate, scegliendone una si arriva ad una pagina che contiene tre collegamenti: 'Laureates', 'Articles' e 'Educational'. Il primo porta all'elenco di tutti i vincitori in quella disciplina dal 1901 a oggi, con collegamenti alle pagine personali descritte in precedenza, gli altri due riguardano materiale "opzionale". Articles contiene alcuni articoli di approfondimento, pochini per la chimica in verità, ma di un certo interesse: una review sui cent'anni del Nobel, articoli di opinione su scienza e società e descrizioni di ricerche premiate. Infine la sezione Educational contiene tre percorsi giocoso-didattici: uno sulla chiralità, un laboratorio virtuale di biochimica e un ipertesto animato sugli acidi nucleici. Il che significa che due approfondimenti educativi su tre riguardano la biochimica e il terzo non è certo introduttivo alla materia. Lascio al lettore di *CnS* le riflessioni del caso.

¹ A proposito del premio per la fisica Emilio Segrè afferma: "Persone come Einstein, Planck, Rutherford e Bohr sono quelle che hanno dato prestigio al premio. Se essi non l'avessero avuto sarebbe stata una perdita per il premio, non per loro." E. Segrè, *Autobiografia di un fisico*, Bologna: Il mulino, 1995, cit. alla p. 358.

Dalla Divisione

Trieste 28 aprile 2003

**Al Ministro dell'Istruzione,
dell'Università e della Ricerca
Signora Letizia Moratti**

Le Associazioni, accreditate presso il MIUR, di docenti delle discipline scientifiche sperimentali AIF (per la fisica) ANISN (per le scienze naturali) e DD-SCI (per la chimica) hanno avuto negli ultimi due anni diverse occasioni di incontro e collaborazione in attività di formazioni degli insegnanti a livello nazionale e locale. Da questi contatti è emersa l'opportunità di costituire un fronte comune di studi e proposte per la promozione della formazione scientifica nella scuola.

Le tre Associazioni hanno perciò costituito un gruppo di lavoro formato da esperti di ricerca didattica che si è dedicato all'esame dei lavori prodotti negli ultimi decenni e fino ad oggi nella ricerca didattica nel settore delle scienze sperimentali di base. Il gruppo di lavoro ha esaminato negli ultimi mesi le proposte a varie riprese pubblicate dal MIUR per i contenuti della riforma della scuola nell'area delle scienze ed in particolare i testi distribuiti sul "profilo educativo..." e sugli obiettivi generali e specifici nelle "Indicazioni nazionali per i piani di studio personalizzati nella scuola primaria e secondaria di primo grado":

La presente lettera, che risponde alla Sua gentile richiesta di farLe pervenire il contributo della libera valutazione e delle eventuali osservazioni della Divisione di Didattica Chimica della Società Chimica Italiana, (d'ora in avanti DD-SCI) contiene, nella prima parte le valutazioni e le osservazioni condivise dalle summenzionate Associazioni mentre, nella seconda troverà osservazioni, di natura più specifica, della Divisione che pro tempore presiede.

Le tre Associazioni condividono la formulazione del seguente quadro di riferimento per un curriculum di scienze sperimentali, didatticamente e culturalmente efficace, nel primo ciclo d'istruzione.

A) Principi generali di progettazione, organizzazione e messa in atto del

Maggio - Giugno 2003

curricolo:

- Forte **continuità verticale** in tutto il primo ciclo, in particolare nelle sue articolazioni
- Forte **continuità-integrazione trasversale**, sia fra le stesse discipline di area scientifica, sia con le altre discipline
- Trasparente **rilevanza culturale e sociale**, nei contenuti e nelle metodologie
- Priorità di **senso e significato per l'allievo** nelle esperienze di apprendimento

B) Aspetti caratterizzanti (in ordine non gerarchico) dell'insegnamento e dell'apprendimento scientifico (i/a s):

- **Approccio fenomenologico** alla costruzione di conoscenza, con metodologia operativa.
- Coinvolgimento determinante dell'**esperienza concreta** nelle situazioni di (i/a s), strutturate e non: in laboratorio, sul campo, in classe, nell'ambiente, nella tecnologia.
- Coinvolgimento determinante dei **diversi linguaggi** (gestuale, orale, scritto, iconico, formale, ...) sia nella prima costruzione di conoscenza che nella sua organizzazione progressiva.
- Riferimento e raccordo significativo con le **radici dell'esperienza e della conoscenza quotidiana**.
- **Scomposizione-disintreccio** dei fenomeni osservati secondo i punti di vista suggeriti dalle discipline, e loro **ricomposizione-reintreccio** coerente secondo scopi espliciti.
- Su queste basi, graduale acquisizione della consapevolezza che la conoscenza scientifica cresce attraverso la **costruzione di modelli**, e diventa utilizzabile attraverso la conseguente **competenza nel modellizzare** situazioni concrete.
- Costante coinvolgimento della **riflessione sul proprio apprendimento e sul significato di quanto si apprende**, a livello individuale e collettivo e con modalità adeguate all'età.

C) Perché tutto ciò possa realizzarsi, occorrono quattro condizioni strutturali fra loro connesse:

- 1. formazione e qualificazione culturale e professionale degli insegnanti** perché siano in grado di gestire il processo di insegnamento secondo i criteri esposti
- 2. supporti strutturali, organizzativi e strumentali adeguati** presenti nelle singole scuole

3. disponibilità di tempi adeguati alle effettive esigenze di insegnamento/apprendimento

4. criteri di valutazione coerenti con i principi e gli obiettivi dell'educazione scientifica

Sul "Profilo educativo, culturale e professionale dello studente, alla fine del primo ciclo di istruzione (6-14 anni) le tre Associazioni condividono la preoccupazione per due versanti culturali che richiedono, oggi, la massima attenzione, a cominciare dalla scuola. DD-SCI esprime in estrema sintesi questa attenzione con le seguenti frasi:

Alla fine del primo ciclo di istruzione il ragazzo

- È consapevole del processo di accelerazione e ampliamento delle interazioni fra individui provenienti da civiltà diverse, e della necessità di mutua comprensione e reciproca accettazione.
- È consapevole, nei suoi rapporti con la società, di essere titolare di diritti ma anche soggetto a doveri per il comune sviluppo e la civile convivenza
- È consapevole dell'esistenza di problemi creati dalla crescente interazione fra l'uomo e l'ambiente a livello locale e globale e del dovere di minimizzare con il proprio comportamento, gli aspetti negativi di tale interazione.

Le tre Associazioni ritengono infine indispensabile approfondire le questioni riguardanti l'effettiva efficacia della attuale stesura delle "indicazioni nazionali" ai fini della realizzazione del "Profilo educativo". Ciascuna Associazione sviluppa perciò le sue osservazioni in modo indipendente ma non divergente; la DD-SCI presenta, per gli obiettivi specifici proposti dal Ministero per il primo ciclo di istruzione, le seguenti considerazioni:

Nelle Indicazioni nazionali per la scuola primaria e secondaria di primo grado si precisa che gli obiettivi specifici, organizzati in conoscenze e abilità, devono essere sempre pensati come riferimenti per la costruzione di obiettivi formativi che costituiscono la base delle competenze da esplicitare nei piani di studio personalizzati. In questo senso, a ogni critica che si può fare, si può rispondere che gli obiettivi specifici non devono essere presi alla lettera e che essi sono funzionali ad una successiva rielaborazione didattica. Tuttavia occorre considerare che questi obiettivi sono comunque l'espressione

di una scelta e può essere condivisa o meno. Il fatto che sia stata fatta una scelta fra l'enciclopedia dei saperi scientifici che viene proposta in questo livello scolare è già importante.

Tuttavia l'impressione generale che danno questi elenchi di conoscenze e abilità è di poca organicità e coerenza interna e, complessivamente, cose condivisibili e non, sono presentate in modo disordinato.

Si nota infatti che conoscenze e abilità non sono sempre in corrispondenza e che, se si prova a seguire lo sviluppo verticale di un argomento nei vari anni, spesso mancano dei passaggi o che alcuni obiettivi devono essere riformulati o aggiunti.

Il problema principale però non è questo. Il problema è vedere come e se, conoscenze e abilità, riescano ad intrecciarsi per dare un quadro psicologicamente ed epistemologicamente adeguato all'insegnamento delle scienze prima dei 14 anni.

È vero che le abilità esplicitano il livello didattico a cui riferire i contenuti, chiariscono e correggono il tiro rispetto alle indicazioni date dalle conoscenze. Nonostante ciò, gli obiettivi specifici di apprendimento delle Scienze per le scuole medie sono da criticare principalmente perché troppi argomenti sono stati scelti senza una preventiva riflessione psicopedagogica ed epistemologica. Si confondono spesso due piani: quello dell'apprendimento per definizioni operative e quello relativo alla comprensione di "leggi" che costituiscono le basi degli apprendimenti disciplinari. La comprensione di leggi e principi infatti richiede un livello di astrazione che non è mediamente posseduto da alunni della scuola media.

Facciamo degli esempi.

Partiamo dal primo obiettivo delle conoscenze: < Come si muovono i corpi: velocità e traiettoria, accelerazione>. Parallelamente troviamo nelle abilità: < Rappresentare in diagrammi spazio/tempo diversi tipi di movimento; Interpretare i diagrammi>

Se si vuole lavorare sulla velocità, in questa fascia di età, occorre tenere presente che esprimere questa grandezza per mezzo della relazione: distanza percorsa fratto tempo impiegato, è inconsistente dal punto di vista del significato se non si chiarisce ad esempio il

98 ruolo giocato dalla traiettoria. Lavorare sul movimento costituisce un prerequisito per lavorare sulla velocità

e questo vuol dire concentrare l'attenzione dell'alunno sulla distanza percorsa in una data traiettoria e sull'importanza della misurazione della distanza stessa. Lavorare sulla velocità implica porre gli alunni in situazioni che permettano di pensare alla velocità in funzione di distanze percorse e tempi impiegati. I grafici spazio-tempo sono essenziali per dare una definizione operativa.

Ragionando in questo modo abbiamo dato un'interpretazione del primo obiettivo specifico *permessa* dalla sua formulazione sia relativamente alle conoscenze che alle abilità. Come si opera poi per l'accelerazione? Per risolvere il problema utilizzando i grafici (come suggerito nelle abilità) si potrebbe riportare la velocità media in funzione del tempo impiegato; come si può ritenere che la comprensione di tale grafico sia accessibile a bambini di 12-13 anni? Arrivare a concepire l'accelerazione come la rapidità con la quale varia la velocità di un punto rispetto al tempo non è la stessa cosa che arrivare a comprendere la velocità come variazione dello spazio rispetto al tempo.

Qui si richiede un ragionamento, per così dire, di secondo livello, in cui la capacità di ragionare in modo astratto è indispensabile per la comprensione. Inoltre il concetto di accelerazione non è ovvio, non è intuitivo e non può essere raggiunto per via induttiva o percettiva. Non è psicologicamente adeguato affrontare a questo livello di maturazione un concetto così complicato.

Lo stesso problema si ripropone per il secondo tema, quello delle forze: lavorare sulle forze in situazioni statiche (nelle abilità il tutto si traduce bene nella formulazione *fare forza e deformare*), è cosa del tutto diversa da considerare le forze in relazione al moto. C'è il passaggio dalla Statica alla Dinamica e non è banale. Una forza può essere coinvolta nel movimento ma stabilire il legame che intercorre tra forza, corpo in cui è applicata e le caratteristiche del moto che si determina è concettualmente molto difficile. Lavorare sulla statica permette di sviluppare un primo approccio alla misurazione della forza, coinvolgendo il problema della deformazione ma anche quello della forza peso e dell'equilibrio. Nelle abilità sembra che ci si limiti a questo, ma allora perché nelle conoscenze si fa riferimento esplicito alle forze come cause del moto?

D'altra parte nell'obiettivo specifico

successivo: <Peso e massa, con riferimento alle situazioni di assenza di gravità. Peso specifico> con le abilità relative: <Misurare forze (dinamometro bilancia)> e <Stimare il peso specifico di diversi materiali di uso comune> fa pensare che gli ostacoli epistemologici di cui parla Bachelard vengono ignorati in questa proposta di obiettivi. I concetti di massa inerziale e massa gravitazionale non possono essere acquisiti dai bambini delle medie facendo esempi con slittini, altalene e astronavi che viaggiano nello spazio. Si acquisiscono parole, frasi che richiamano a significati che comunque restano oscuri.

Se è vero che nel 1600 era noto che il peso dei corpi era causa del fatto che essi cadevano a terra, fu necessario il genio di Newton per *vedere* la forza di gravità come la causa che fa cadere un corpo a terra e per capire che il comportamento dei corpi celesti potesse essere regolato da leggi analoghe a quelle dei corpi terrestri.

Se fosse stato così semplice distinguere tra massa inerziale e massa gravitazionale perché gli uomini ci avrebbero messo tanto tempo per capire questi concetti?

Non si possono banalizzare le acquisizioni di questo livello con esempi tratti dalla vita quotidiana senza contestualizzazione storica ed epistemologica delle problematiche trattate. Non sembra quindi possibile trattare in questo modo questo argomento a questa età?

Lo stesso si dica del quarto obiettivo specifico Lavoro ed energia. L'Energia termica ed elettrica compaiono nel secondo biennio della scuola primaria. Questo sembra quindi uno sviluppo in verticale del concetto di energia. Anche se con la specificazione *nella vita quotidiana* si cerca di limitare parzialmente il danno, il problema è che un argomento così impegnativo dal punto di vista disciplinare non deve essere preso in esame prima della scuola secondaria superiore. .

Nel terzo anno troviamo nelle conoscenze, come sviluppo di questi temi del primo biennio, i seguenti obiettivi <Principi della meccanica> e <Flusso dei liquidi: velocità dell'acqua e portata di un canale o di una tubatura> *mitigati* dall'abilità <Raccogliere dati da prove sperimentali (misure di tempi, spazi, velocità): rappresentare graficamente e interpretare i dati raccolti> che supponiamo riferire a entrambi gli

obiettivi di conoscenze.

Per quanto concerne la chimica le indicazioni nazionali non esauriscono certamente i fenomeni naturali o antropici, per i quali si può e si deve indicare, ad un livello adeguato all'età, la presenza di un aspetto "chimico".

Continua dalla pagina 95

voluzione culturale che consenta ai cittadini di appropriarsi della conoscenza sugli oggetti — che sono "chimici", anzi sono "tutto chimici" — che sono intorno a noi, ma che restano muti o che nessuno vuole far parlare.

In tale rivoluzione culturale un ruolo fondamentale ha la scuola e hanno i colleghi chimici — sono laureato anch'io in chimica e ne sono orgoglioso e ho la presunzione di riuscire a capire alcune cose proprio *perché* sono un chimico — che forse possono recuperare un orgoglio "di classe" e la voglia di spiegare anche il contenuto storico, sociale, e non solo formale o strutturale, della chimica.

Un ruolo importante potrebbe avere l'editoria. Ci sono in commercio, a parte i libri "di testo" spesso tutt'altro che entusiasmanti, pochi libri italiani di chimica "popolare". Eppure i grandi chimici del passato si sono fatti un punto di onore di spiegare i risultati dei loro studi in forma accessibile al pubblico.

Vorrei ricordare, a solo titolo di esempio, le "Lettere sulla chimica" del grande Justus von Liebig (sì, proprio l'inventore dell'estratto di carne, oltre che lo scopritore delle leggi della nutrizione dei vegetali che hanno aperto le porte all'industria dei concimi e all'aumento della produttività agricola), pubblicate a puntate e tradotte in tutte le lingue e con un titolo classicheggiante ricalcato sulle "Epistulae ad familiares" di Cicerone.

Avremo un giorno una riforma in cui la chimica sarà riconosciuta come disciplina anche "umanistica"? Forse, se ciò avvenisse, tanti problemi di inquinamento, di incidenti, di frodi, si farebbero più rari e "chimica" smetterebbe di essere (per tanta gente) una parolaccia.

Roma, 28 maggio 2002

Dagli all'UNTORE!

Pasquale Fetto

Redattore di CnS-La Chimica nella Scuola

Caro Direttore,

le ultime vicende legate alla divulgazione di un opuscolo dal titolo "La trappola chimica", (per fortuna di scarsa diffusione, a quanto ci consta), ci riporta con la mente alla campagna denigratoria contro coloro che si supponeva fossero i diffusori della peste. Ahimè, pur non essendo nel XVII secolo, le modalità della campagna sono tra-

Maggio - Giugno 2003

I recenti allarmi suscitati dal fascicolo "la trappola chimica", purtroppo allegato alla lodevole lettera dei Ministri dell'istruzione e della salute è una chiara dimostrazione della mancanza di cultura chimica elementare alla quale solo la scuola può e deve porre rime-

gicamente le stesse e la peste è stata sostituita dalla CHIMICA.

Nell'immaginario collettivo la 'Chimica' è divenuta sinonimo di inquinamento, ecc.... Le associazioni disciplinari hanno sempre combattuto questa visione data dai mass-media sin dal 1979 anno di nascita di CnS. Sono ormai trascorsi circa cinque lustri ed ancora continua questa lotta.

Pur sorvolando sull'appellativo 'il chimico' che i mass-media hanno attribuito di recente (guerra in Iraq) ad Ali Hassan al-Majid, appellativo dovuto all'utilizzo di armi di distruzione di massa nella repressione Curda; non mi sento di sorvolare su ciò che ritengo sia uno SCANDALO!

La lotta ha cambiato scenario l'interlocutore è il Ministro del MIUR, che nel caso specifico si avvale anche della collaborazione del Ministro della Salute.

Entrando nei particolari voglio precisare che, se ci si limita all'analisi della lettera inviata ai "ragazzi" dai su menzionati ministri, nella quale si spiegano gli intenti e le linee della lotta alla droga proponendo la guida "Missione Salute" il cui titolo a chiare lettere è "La trappola chimica" non ci sarebbe nulla da eccepire, anzi bisognerebbe plaudire all'iniziativa.

Purtroppo come spesso accade gli intenti non sempre corrispondono nella realtà ai fatti.

Il **titolo** è di per sé scandaloso e si aggiunge ai già conosciuti sinonimi per indicare la chimica.

La **grafica** risente, come già accade da alcuni anni, di una cultura orientaleggiante che a mio avviso non sostituisce nel migliore dei modi la nostra tradizione grafica.

Emblematica è la **frase** "I testi presentati in queste pagine derivano da pubblicazioni scientifiche controllate dagli esperti del Ministero della Salute e del Ministero della Istruzione;..."

Ed ancora: **More info**: *se incontri parole che non conosci, prova a dare un'occhiata a pag. 39. Mi chiedo se i ragazzi a cui è stato inviato sappiano il significato (non intuitivo) di more info. o non sarebbe stato più semplice utilizzare la forma "ulteriori informazioni".*

Tra i **contenuti** leggiamo: "Chimica! Extasy & C." Non commento.

Nella pagina "dedicata" alla chimica che ha come intestazione: *Traiettorie tossiche*, troviamo il titolo **Chimica!** con sottotitolo: **Qualcuno gioca a dadi con la morte** leggiamo: *'L'uomo è contento e mischia le sostanze: liquidi e polveri. Una busta gli si rompe fra le mani. Il pavimento è come una discarica: un mix di chimica e spor-*

dio. DD-SCI è quindi pronta, in questa importante occasione, a contribuire a migliorare la situazione della chimica nella scuola.

IL PRESIDENTE
Prof. Giacomo Costa

cizia....'

Nella pagina che tratta delle **vie della droga** in un riquadro a pagina 21 dedicato alla produzione mondiale del 1998 sono menzionate le **Droghe chimiche: non quantificabili** secondo una stima O.N.U. Infine torniamo alla pagina 39 "**More info.**" in cui tra le parole chiave troviamo: **Droga sintetica: droghe prodotte in laboratorio, utilizzando sostanze chimiche di dubbia provenienza.**

Autorevoli lettere di protesta sono state inviate ai Ministri dell'Istruzione e della Salute dal Prof. Giacomo Costa, presidente della Divisione di Didattica della SCI, dal Prof. Giovanni Natile Presidente della SCI e dal Presidente del Consiglio Nazionale dei Chimici, (lettere pubblicate nel n. 1 - 2003 di CnS-La Chimica nella Scuola). Ulteriori proteste sono state formulate da colleghi chimici delle varie Università Italiane. Ci auspichiamo che l'incontro urgente richiesto al Ministro possa avvenire in tempi brevi.

La fiducia è l'ultima a morire.

Purtroppo al momento siamo a conoscenza dell'unica risposta che il Ministro Moratti ha inviato al Prof. Enrico Predazzi, Preside della Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università di Torino che di seguito riporto:

"Egregio Professor Predazzi,

spiace che parte del contenuto della campagna 'Missione Salute', destinata ad una adeguata e corretta informazione dei giovani sulla alimentazione, la sessualità, le droghe, possa essere interpretata come una critica ai benefici effetti della ricerca, in particolare di quella chimica.

Le assicuro che si tratta di una percezione errata; al contrario tutta l'attività del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca è diretta a fornire descrizioni semplici, originali, concrete dell'attività scientifica, mettendo in luce le connessioni positive della chimica e delle altre scienze con il sistema sociale, l'etica, la cultura e l'economia.

Mi auguro che queste precisazioni possano offrire un contributo di chiarezza alla nostra campagna e La saluto cordialmente"

Letizia Moratti

Il commento del Prof. Predazzi inviato ai colleghi è il seguente:

"Cari Amici,

vi trascivo la (peraltro gentilissima) lettera che il Ministro Moratti mi invia in risposta alla mia protesta per il libretto che sintetizza in chimica = droga.

È scoraggiante ma se avete suggerimenti

CnS - La Chimica nella Scuola

datemeli.

Io insisto che le associazioni professionali dovrebbero fare una protesta mirata e vibrata."

Un cordiale saluto

Enrico Predazzi

Il commento, in riferimento alla lettera del Ministro, vorrei esprimerlo come segue:.

La 'percezione errata' cui fa riferimento il ministro mi fa pensare: <<ha letto, il Ministro, attentamente il libretto?>> Credo di no!, a meno che lo stesso ministro non sia dotato di poteri, a noi mortali sconosciuti, di preveggenza.

Dimentica il Ministro che non è facile giudicare la percezione dei destinatari di qualsiasi scritto a priori e che questo argomento (compito dei docenti a tutti i livelli) è oggetto della ricerca didattica sia generale che disciplinare.

Consiglierei di scorrere anche velocemente le pagine degli studi sulla Comunicazione scritta e sulla Comunicazione Interpersonale, questo consiglio, ovviamente non mi sento di darlo ai Manager Aziendali.

Le descrizioni "semplici", "originali", "concrete", sono tali solo se si conosce il significato di tali parole; ho qualche dubbio.

Se, per finire, gli esperti cui il Ministro fa riferimento, hanno partorito (approvato) la divulgazione di un libretto pieno di "scemenze" (termine pleonastico) i dubbi sulla correttezza non solo scientifica sono enormi.

Se gli esperti sono di questo livello culturale, Dio ce ne salvi!

Dott. Marco Franceschin

University of Rome "La Sapienza"

P.le A. Moro 5 - 00185 Roma

Department of Chemistry

tel. +39-0649913341

Department of Genetics and Molecular Biology

tel. +39-0649912240

fax: +39-064462778

marco.franceschin@uniroma1.it

Omissis i commenti espressi anche da altri chimici

"...I miei più sentiti complimenti al ministro Moratti per l'ottima conoscenza dell'inglese e al ministro Sirchia per gli alti contenuti educativi del suo opuscolo".

La chimica a scuola secondo Sirchia Liugi Campanella

liugi.campanella@uniroma1.it

Ovviamente sono d'accordo come con tutte le analoghe proteste pervenute. Ho provveduto, come suggerito, ad inviare i due fax ai due Ministri coinvolti, ma per quanti possiamo farlo È sempre poco rispetto alla protesta che un tale comportamento meriterebbe. E' qui che si dovrebbero fare sentire la SCI, l'Ordine, le Facoltà ed i CCL, le industrie chimiche e tutte le Associazioni di Chimici!

CnS - La Chimica nella Scuola

Volantino antichimica nelle scuole

Alberto Girlando

Sono rimasto allibito dall'avviso di Balzani e altri sul volantino distribuito nelle Scuole..in un primo momento ho pensato a un pesce d'aprile, ma temo proprio che non sia così.

Lo spedire FAX ai Ministri interessati mi sembra una reazione "leggera". Tra l'altro se il volantino è già stato distribuito, il danno È fatto...

Se è così, suggerirei alla SCI di denunciare i ministri per offesa e danno a tutta categoria, chiedendo un adeguato indennizzo che ci consenta di fare un po' di contro informazione.

Mi chiedo quanto sia stata pagata l'agenzia pubblicitaria che ha avuto questa bella pensata, e chi poi l'ha approvata !

Come quasi tutti stanno distruggendo la CHIMICA

Matteo Guidotti

Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari ISTM-CNR

Chimica Inorganica e Metallorganica

Via C. Golgi, 19 - 20133 Milano

tel: +39-02-50314384 cell: +39-338-4254428

fax:+ 39-02-50314405

e-mail: mguidotti@istm.cnr.it

Se alla "trappola chimica" segnalata dai colleghi bolognesi e da Laura Raimondi, aggiungiamo la temibile figura da fiaba dell'orrore di "Ali' il Chimico" (ossia il generale Ali Hassan al Majid, cugino di Saddam Hussein, che deve il soprannome al ruolo di mandante degli attacchi con aggressivi chimici contro i Curdi dell'Iraq settentrionale nel 1988), si può davvero affermare che la Chimica sta subendo una notevole dose di colpi bassi un po' da tutte le direzioni...

Sperando in tempi migliori, un saluto a tutti

Guida agli studenti "Missione Salute" - fascicolo "La Trappola Chimica"

Stefano Maiorana

stefano.maiorana@unimi.it

Come Presidente della Divisione di Chimica Organica, ma anche come cittadino, seguo certamente da vicino questa vicenda dai risvolti così scopertamente grotteschi, da non risultarmi chiarissimi. Proprio a scopo di chiarezza, È giusto pretendere una spiegazione dai Ministri coinvolti e, sempre allo stesso scopo, ritengo fondamentale una presa di posizione precisa dell'Ordine dei Chimici Nazionale. Ritengo anche necessario che la Società Chimica Italiana e l'Ordine dei Chimici, preparino un comunicato di protesta congiunto, indirizzato alle maggiori testate nazionali e, se questo non sortirà esito, acquistino uno spazio pubblicitario sul Corriere della Sera per esprimere chiaramente lo sdegno della nostra categoria. Questo deve essere fatto a maggior ragione, nel caso non si riuscisse a fermare, in via consensuale, la divulgazione dell'opuscolo.

Michele Maggini

Dipartimento di chimica organica

Università di Padova, Via Marzolo, 1

35131 Padova, Italia

phone: +39-049-8275662

fax: +39-049-8275239

e-mail: michele.maggini@unipd.it

Colgo l'occasione per segnalarvi che i Ministri Sirchia e Moratti, prendendo spunto dalla lotta alla droga, hanno fatto inviare a tutti gli studenti delle scuole superiori d'Italia un opuscolo illustrato che colpevolizza in modo pesantissimo la Chimica (consultare il link qui indicato:

www.chimica.unipd.it/~sci/La_trappola_chimica.pdf

per visualizzare la lettera accompagnatoria del libretto firmata da Sirchia e Moratti ed alcune pagine del libretto stesso).

La SCI si è già attivata per protestare e promuovere opportune azioni legali.

I colleghi del "Ciamician" di Bologna hanno preparato e messo in rete

(<http://www.ciam.unibo.it/conoscere/trappola.html>)

la traccia di un messaggio da mandare via fax all'ufficio stampa dei ministeri dell'Istruzione e della Salute per protestare contro il libretto.

La trappola chimica

Michele A. Floriano

Cari colleghi Facciamoci sentire! Qualsiasi iniziativa, soprattutto quelle a livello ufficiale da parte degli organi direttivi della SCI e di tutti i CCL chimici, sono utili; molto meglio del silenzio passivo.

Firmiamo e spediamo i fax di protesta e suggerisco anche di coinvolgere i docenti delle scuole con cui siamo in contatto in maniera che, nelle classi, l'argomento venga affrontato in maniera corretta.

Il messaggio che ho spedito ai ministri interessati è il seguente:

Oggetto: La trappola chimica

Onorevoli Ministri

Grazie per avere cancellato, in maniera così efficace, il lavoro che da anni portiamo avanti nelle scuole allo scopo di contrastare la disinformazione dilagante nei confronti della chimica.

Ci capita spesso di dover commentare i pregiudizi e la superficialità intellettuale con cui la nostra disciplina viene spesso descritta dagli organi di informazione ma è disarmante riscontrare gli stessi preconcetti, gli stessi luoghi comuni e la stessa miopia culturale anche in coloro i quali rivestono un'autorità che dovrebbe renderli garanti del rigore scientifico riguardo l'informazione da essi diffusa.

Ho l'impressione che, stavolta, nella "trappola chimica" siano state proprio le S.V. a caderci!

Prof. Michele A. Floriano

Prof. Maurizio D'Auria

dauria@unibas.it

Vorrei intervenire sull'argomento della "trappola chimica". Non si tratta di un volantino come si evince da alcune altre lettere, ma di un opuscolo inserito in un cofanetto sul problema della salute in età giovanile. Mia figlia l'ha ricevuto e, dato che sono un'impiccione e sono per preconcetto assolutamente contrario a tutto ciò che viene da questo governo, me lo sono guardato. Al contrario di altri colleghi, il titolo dell'opuscolo "La trappola chimica" mi ha fatto semplicemente sorridere. Ho poi letto il contenuto dell'opuscolo, e, mi dispiace, io non ho trovato molto da ridire.

A parte l'ironia sul "drug designer", che qualche collega non ha recepito, il messaggio dell'opuscolo mi pare assolutamente condivisibile. Si parla di droghe, forse è il caso di specificare, dato che nessuno l'ha fatto. E il messaggio è un invito a non fidarsi delle scorciatoie sintetiche per sentirsi forti, grandi, superuomini, ipersensuati, ecc. Sono d'accordo. Non posso non esserlo.

In questa operazione viene coinvolta la chimica: è vero, non ci fa una bella figura, ma è anche vero che le droghe non sono mica fatte da semplici delinquenti, ma probabilmente anche da colleghi: vogliamo oblitare, mettendo la testa sotto la sabbia, che l'eroina è un brevetto Bayer, e che è stata in commercio per molti anni? Vogliamo dimenticare che la cocaina è stata in commercio fino a tempi non proprio lontanissimi? Le anfetamine le hanno sintetizzate chimici o no? Non guardare in faccia la realtà non serve a risollevare l'immagine della chimica. Non ammettere le proprie responsabilità non è produttivo.

Certo la demonizzazione della chimica è grave (qualche anno fa, di fronte a un omicidio sul lavoro, prodotto da agenti chimici, un giornale intitolò:

"Ucciso dalla chimica", ma mai quel giornale, di fronte a uno morto per un colpo di pistola, avrebbe titolato: "Ucciso dalla fisica"), ma come chimici non dobbiamo sottrarci alla nostra responsabilità collettiva. La chimica ha fatto e fa dei danni incalcolabili. Anche la soluzione di quei problemi passa attraverso la chimica, ma negare quei danni è solo ipocrisia. Mi ricorda un intervento ad un convegno di un esponente del centro di ricerche Volkswagen che, alcuni anni fa, quando si stava decidendo se era il caso, per proteggere i nostri figli, di eliminare il piombo come additivo nelle benzine, dichiarava candidamente che non c'era alcuna prova, in fondo, che il piombo facesse male alla salute.

Raffaele Ragone

Dipartimento di Biochimica e Biofisica,
Seconda Università di Napoli via
Costantinopoli 16 80138 Napoli
ragone@unina2.it

!! mi consentano

Ma non vi sembra troppo? Se è vero, come dice qualcuno dotato di arguzia, che, quando l'audience è alta, il livello è basso, allora, cari colleghi, è così, il nostro livello è tanto basso da abbassarsi a presumere che il meglio sia tener testa alle facezie dei Ministri dell'Ignoranza e della Malattia. Con l'immane Bonardi pronto a ravvivare il fuoco nucleare, perché pare che il nucleo, in queste faccende, sia la panacea. Con i fax, le e-mail, le condoglianze, la sorpresa, il dolore, lo sdegno, la sindrome dell'incompreso. Ed i quartieri alti della SCI pronti a scendere (finalmente) in campo, con il loro ambaradan di feromoni, di puzzerie territoriali, di "lei non sa chi sono io e adesso le faccio vedere". Ma dov'era tutto questo tran-tran quando si parlava di inquinamento industriale, di malattie professionali, di biochimica, di concorsi truccati, di ricerca svenduta alla logica delle lobby politiche? Perdonatemi, mi sono accorto d'essere sceso, involontariamente, anch'io in campo. E non volevo unirmi al coro perché sdegnato dal fatto che tra di noi (voi) non ci sia sdegno che per l'offesa d'un governo di livello men che mediocre. Buona tenzone.

Pino Della Gatta

Dip.to di Chimica IFM
Università di Torino
giuseppe.dellagatta@unito.it

Opuscolo ministeriale

L'opuscolo ministeriale distribuito a livello di scuola media superiore (senza individuare settori "sperimentali", pare, per la sua diffusione!) è indubbiamente di pessimo gusto ed anche lesivo nei confronti degli operatori chimici dal punto di vista professionale prima ancora che da quello della chimica in generale. Mi trovo perciò d'accordo con la proposta di un'azione energica da parte della SCI nei confronti degli Enti e delle persone responsabili, ma ancor più ne solleciterei un'altra ancor più puntuale ed efficace da parte dell'Ordine dei Chimici, con tutti i corollari legali possibili.

Il 100% di quanto ci circonda ha a che fare con la chimica, a partire dagli elementi naturali, terra, acqua ecc fino a quasi tutti i tipi di manufatti, alimenti, cosmetici, e chi più ne ha più ne metta. "Sparare" a caso contro la "chimica" è perciò un atto di ignoranza prima di essere un'offesa a tutti i contributi che chimica e chimici hanno dato allo sviluppo economico e al miglioramento ge-

nerale delle condizioni di vita.

Inoltre questa iniziativa è tanto più scriteriata in quanto rappresenta un implicito (e neanche troppo subliminale) invito ad evitare la chimica, a non studiare la chimica, a non scegliere corsi di laurea in chimica e via dicendo. Dato che della chimica non si può fare a meno, questo (se il consiglio verrà mai seguito) non farà che aumentare la nostra dipendenza dall'estero, in termini di prodotti, ma soprattutto in termini di innovazione chimica, che già è molto scarsa dalle nostre parti, e di quanto è necessario per promuoverla e incrementarla!

Detto questo, credo anche che la chimica abbia fatto non poco per attirarsi questa fama negativa. Non riesco proprio a valutare il tempo sarà necessario per invertire una tendenza ormai duramente instaurata.

Certo negli altri Paesi non si assiste a questi scriteriati interventi (governativi poi!) di tipo propagandistico. Forse un poco più di attenzione viene invece dedicata ai problemi di controllo delle condizioni di lavoro e di produzione nelle industrie, di inquinamento delle acque ecc.

Ma credo che anche all'estero la chimica, nel senso dei responsabili delle produzioni chimiche, degli impianti chimici e via dicendo fino ai responsabili delle politiche produttive ed energetiche, si meriti la fama negativa di cui gode. Lo stesso (molto stranamente) non capita per la fisica, nonostante gli incidenti di Three Miles Island (1979) o Chernobyl (1986), [cfr Dossier sull'energia nucleare, Sergio Manera (marzo 2001), www.laconca.org/links/nucleare/01_nucleare.htm] e alle zone (es. Asia centrale) quasi desertificate (in termini flora e fauna, compresa quella umana) dagli esperimenti nucleari.

A volte penso che lo scandalo del metanolo nel vino ha contribuito a portare il nostro Paese da mediocre produttore di alcuni buoni vini e molti "vinacci" a contendere il primato mondiale della qualità con la Francia. Al punto che oggi il prodotto italiano è tra i preferiti (se non talvolta il primo) in molti Paesi dotati di un sufficiente numero di intenditori (cioè di bevitori dal portafoglio non troppo sgonfio!).

Quale disastro sarà necessario per spingere i governi ad attuare vere politiche di controllo nel campo della chimica intesa in senso lato?

Certo il problema è di grandissima complessità e non basta che lo si affronti solo parzialmente, perché i lati della questione sono molti, moltissimi (troppi?). Certo è sconcertante che si mettano insieme due ministeri per produrre un opuscolo idiota mentre ben altro (anche nel piccolo) sarebbe necessario.

Non c'è da stupirsi, siamo il Paese che ha sofferto il maggiore incremento di inflazione dovuto all'introduzione dell'Euro, chissà quali altre belle novità ci aspettano....