

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

<http://www.didatticachimica-sci.it>

# CNS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



**LA CLORAZIONE  
DELLE ACQUE**

**ACIDI E BASI  
NEL BIENNIO DELLE  
SUPERIORI**

**AREA DI PROGETTO  
INDICATORI DI QUALITÀ  
PER LA CHIMICA**

**PROGRAMMA  
DEL CONGRESSO  
DELLA DIVISIONE**



Società Chimica Italiana

Anno XXIII  
Maggio - Giugno 2001

**Direttore responsabile**

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

**Redattore**

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

**Comitato di redazione**

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

**Comitato Scientifico**

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

**Editing**

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

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

**Abbonamenti annuali**

Italia L.90.000 ec 50 - Estero L. 110.000€ 62  
Fascicoli separati Italia L. 20.000 € 12  
Fascicoli separati Estero L. 25.000 € 15

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

**Ufficio Abbonamenti**

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

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

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

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

**Editore**

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

**Stampa**

LE GRAFICHE RECORD srl  
S. Giorgio di P. (BO) - Tel. 0516650024

## SOMMARIO

### EDITORIALE

Chi sa fa... e chi non sa, insegna **77**  
di *Armando Zingales*

### DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Le origini dei processi di clorazione delle acque **79**  
di *Sandro Doldi*

Come risolvere i problemi sugli equilibri ionici **84**  
di *Liberato Cardellini*

La Chimica, l'Area di Progetto e gli Indicatori di Qualità **90**  
di *Tiziano Pera, Rosarina Carpignano, Daniela Lanfranco, Giovanna Manassero*

### ESPERIENZE E RICERCHE

Quale concetto di acido e base nella parte terminale dell'obbligo scolastico? **96**  
di *Eleonora Aquilini*

### COMUNICAZIONI BREVI

Le pile a combustibile: una storia genovese **100**  
di *Raffaele Pentimalli*

### LABORATORIO E DINTORNI

Misura del passo di un reticolo di riflessione: Un esperimento semplice ed economico che utilizza un laser pointer e un CD **102**  
di *Mario Branca, Rossana Quidacciolu*

### RUBRICHE

#### UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

La scoperta di un nuovo dialetto: il ministerialpedagogese **105**

#### CONVEGNI

XII° Congresso della Divisione- scheda di adesione e programma **107**

#### LIBRI

**99**

#### RECENSIONI

**101**

#### CHIMICA E POESIE

**108**



In copertina disegno di III Asp.  
Liceo Artistico P.L. Nervi - Ravenna

*Per cortese concessione del Direttore de "Il Chimico Italiano" riproduciamo l'editoriale del N. 6/2000 della suddetta rivista, organo del Consiglio Nazionale dei Chimici. Argomento dell'articolo è la "incredibile vicenda delle abilitazioni all'insegnamento della chimica", sulla quale CnS è già intervenuta in passato con un editoriale e con alcune lettere di lettori. Pensiamo che sia opportuno portare all'attenzione dei chimici che insegnano anche la voce del Presidente del Consiglio Nazionale dei Chimici, sia per l'autorevolezza della fonte (il Consiglio è espressione degli Ordini dei Chimici locali), sia per il particolare momento che attraversiamo nell'attesa della nomina di un nuovo ministro della Pubblica Istruzione. Il disprezzo per la cultura chimica è stata una caratteristica che ha occomunato gli ultimi due ministeri, sia nelle decisioni, sia (nel caso dell'ultimo) nelle espressioni verbali. Staremo a vedere se anche il prossimo ministro proseguirà sulle loro orme.*

## Chi sa fa... e chi non sa, insegna

Se la comunità dei chimici italiani non fosse costituita da persone fin troppo riservate, questo sarebbe il momento di scendere in piazza e gridare alla gente che non se ne può proprio più di sentire gli ignoranti (e gli interessati) discettare sugli sconquassi della chimica.

Lasciamo da parte le "perle" che troppo spesso si leggono sui giornali. I ritmi dei quotidiani - dicono - non consentono di approfondire troppo gli aspetti tecnico-scientifici delle notizie. Il risultato è che i lettori formano la propria opinione sulla base delle fandonie che giungono alle redazioni e vengono pubblicate senza troppe verifiche, specialmente se i contenuti vanno nella direzione dell'opinione dominante. Sono lontani i tempi dei giornalisti che difendevano anche in duello le loro opinioni contro corrente. Oggi la notizia (e il giornale che la contiene) è un prodotto da vendere. Deve quindi incontrare i gusti del "consumatore". E se il consumatore, per scelta, o, più frequentemente, suo malgrado, è tenuto nell'ignoranza o nell'inconsapevolezza, il circolo di mistificazione si chiude. Ecco che la chimica è fonte di tutti i mali ed i chimici sono inutili e dannosi. Ecco che la trasmissione della cultura nel campo della chimica è assolutamente secondaria rispetto alle culture dominanti. E, in tempo di benessere, ovviamente dominano le discipline umanistiche.

Il ministro De Mauro, insigne umanista, non ha mai smentito di aver affermato che nella scuola media si dovrebbe insegnare meno chimica. Per carità bisognerebbe vedere in quale contesto è stata resa questa dichiarazione. Si dirà che era una provocazione. Ma, guarda caso, per fare la provocazione il ministro ha scelto la chimica e non, che so, la filosofia.

Sia chiaro, personalmente amo la filosofia, ma ho ben radicato nella mia formazione il concetto "*primum vivere, dehinde philosophari*", che potremmo tradurre "*solo se hai la pancia piena ha senso che tu ti metta a ragionare sui massimi sistemi*"!

Ma quella del Ministro, purtroppo, non era una provocazione. Basta aprire gli occhi e rendersi conto di quello che lui (e il suo predecessore) hanno fatto esplicitamente contro la cultura chimica nella scuola per farsi venir voglia di sfidarlo a duello.

Mi riferisco all'incredibile vicenda delle abilitazioni all'insegnamento della chimica nelle scuole (classe 013: Chimica e tecnologie chimiche), cui possono accedere perfino i laureati in architettura o in odontoiatria. E quando abbiamo chiesto il senso di questa scelta, abbiamo appreso che con la riforma della scuola media si sono create delle eccedenze di personale in altre aree. Attraverso un breve corso di riqualificazione questo personale viene poi utilizzato nell'insegnamento della chimica. Del resto l'autonomia della pubblica amministrazione ha consentito, in passato, di far insegnare le lingue da parte di laureati in giurisprudenza: perché stupirsi se la chimica, disciplina inutile e dannosa, venga (si fa per dire) insegnata da chi non l'ha mai studiata (seriamente)?

Cosa dire, poi, dell'attività di laboratorio, complemento essenziale nell'insegnamento di una disciplina sperimentale? Quale perizia o manualità potranno aver conseguito questi insegnanti "riqualificati"? E cosa ne scaturirà, anche in termini di responsabilità per la sicurezza degli alunni?

Avremo presto, quindi parecchi insegnanti di chimi-

ca (e laboratorio!) che, forse loro malgrado, si troveranno a trasmettere un sapere che non conoscono: “*Chi sa, fa... e chi non sa insegna*”.

Quale sarà il risultato è un oracolo facile.

E quale ruolo giocherà l'opinione dominante orchestrata sui mezzi di comunicazione è altrettanto chiaro. La chimica deve essere estirpata dalla cultura e dall'economia italiana. I chimici devono scomparire. Le loro funzioni possono essere svolte da altri, che hanno più a cuore il rispetto della natura e della naturalità.

Del resto, di recente, nel Servizio Sanitario Nazionale si assiste alla soppressione di posti di chimico dirigente per far posto ai pur necessari posti di dirigente del settore infermieristico (senza aumentare la spesa). Poco male se in qualche caso, così facendo non rimane neppure un chimico a garantire la salute del cittadino. E le sue funzioni, ancora una volta, sono svolte da chi ha competenze diverse.

Sono certo che i lettori potrebbero allungare di molto l'elenco delle follie attuate a danno della chimica, dei chimici e dei cittadini che, in conclusione ne subiscono le conseguenze.

Cicerone diceva che non si può inventare nulla di tanto assurdo da non essere stato già sostenuto da qualche filosofo.

Come stupirsi, allora, se sempre meno studenti accedono alle lauree in chimica e chimica industriale? Quale amore per questa scienza può essere trasmesso ai giovani da chi ne ignora i fondamenti? Quale attrattiva può avere per i giovani una scienza che viene presentata solo come fonte di danni e inquinamenti?

Eppure dovrebbe essere chiaro a tutti che proprio nella logica di difendersi dai mali della chimica “cattiva”, il paese dovrebbe investire sia nella diffusione della cultura chimica, sia nella formazione di un numero adeguatamente alto di chimici che possano gestire consapevolmente le produzioni ed effettuare i controlli (e gli autocontrolli) necessari a garantire i cittadini.

Nel caso specifico dell'insegnamento della chimica nelle scuole, il buon senso, ci spinge a chiedere che nella formazione delle graduatorie per l'insegnamento della chimica si dia priorità a chi possiede il titolo specifico. Già nel 1996, anche per intervento del Consiglio Nazionale dei Chimici, una correzione in tal senso venne effettuata. Oggi sono i Provveditorati che devono assumere la giusta decisione.

I chimici italiani chiedono loro il coraggio dell'onestà intellettuale.

## Le origini dei processi di clorazione delle acque

I presupposti della clorazione delle acque si possono trovare in Inghilterra agli inizi della rivoluzione industriale. Infatti, e questo può destare meraviglia, la rivoluzione industriale chimica al suo sorgere risulta attivata dai tre seguenti "chemicals": l'acido solforico (per merito di J. Roebuck prodotto dal 1746 con camere di piombo), le soluzioni sbiancanti (ottenute per la prima volta nel 1785 da Cl. Berthollet facendo assorbire il cloro da quelle di soda o di potassa caustica); la polvere sbiancante (ipoclorito di calcio+cloruro di calcio; Ch. Tennant 1799)[1]. Si tratta di un acido minerale e di due ipocloriti[2] la cui importanza era dovuta alla grande diffusione dell'industria tessile e della tintoria. Essi coinvolsero rapidamente nella loro avventura storica il primo processo di fabbricazione industriale della soda artificiale: uno dei primi frutti della moderna tecnologia basata su ricerca, scoperta, invenzione, applicazione, attuato dal francese N. Leblanc (1742-1806)[3]. Dopo la tragica morte di costui il processo entrò in Inghilterra per merito di W. Losh di Walker-upon-Tyne e di J. Muspratt di Liverpool (1822); qui trovò studiosi ed imprenditori già iniziati alla moderna tecnologia che lo perfezionarono e diffusero l'uso del nuovo prodotto.

Per rendersi conto degli importanti traguardi raggiunti dall'industria chimica inglese R. Piria, professore all'Università di Pisa, compì due viaggi[4] oltre Manica in periodo di esposizioni industriali, con la volontà di portare vantaggi al nascente Stato italiano la cui inferiorità industriale rispetto ad altri Stati europei si manifestava soprattutto nelle industrie chimiche: l'Italia importava dall'estero anche i prodotti chimici dei quali pos-

---

SANDRO DOLDI (\*)

---

sedevasi abbondante materia prima[5]. Particolarmente interessanti le notizie raccolte da Piria nel secondo viaggio voluto dal Governo italiano affinché raccogliesse elementi utili a superare la crisi che aveva colpito le esportazioni di zolfo siciliano, una delle prime - ed inguaribili - piaghe dell'economia italiana. Infatti, il danno maggiore proveniva dalle fabbriche di acido solforico inglesi e francesi le quali, da poco tempo, avevano introdotto l'uso dell'arrostimento delle piriti di origine spagnola che, a parità di rendimento, costavano meno dello zolfo siciliano[6].

Accompagnato da Th. Anderson (1819-1874), professore di chimica nell'Università di Glasgow, Piria visitò in quella città anche la "Chemical Works of Tennant & Co."; descrisse minutamente i processi di produzione in essa usati e gli impianti utilizzati[7]; mise in evidenza che le lavorazioni principali si integravano a vicenda, in cicli razionalmente concepiti. Erano il frutto di ricerche scientifiche abbinate all'applicazione pratica e dimostravano che la tecnologia si andava diffondendo nel Regno Unito a vantaggio della rampante rivoluzione industriale.

### Le epidemie di colera

Epidemie di colera detto asiatico ed indiano, funestarono vaste zone dell'Europa a partire dal 1817 e continuarono sino al 1909; ovunque si manifestarono seminarono terrore e morte.

La causa di questa malattia fu attribuita in un primo tempo ai "miasmi", odori infettivi liberati specialmente da sostanze in putrefazione e contenenti il germe dell'infezione. In altre parole, si riteneva provenisse dal suolo. La conoscenza della vera causa e i rimedi per neutralizzarla furono con-

quistati lentamente, dopo quasi un secolo di ricerche.

Le acque dei fiumi come il Tamigi e la Senna, dalle quali veniva prelevata quella per uso potabile delle grandi città, a causa del crescente volume di quelle di rifiuto e delle immondizie in esse scaricate, divenivano sempre più impure, aumentava la torbidità, peggiorava il gusto. Per questi motivi J. Simpson (1799-1869), ingegnere della londinese Chelsea che gestiva acquedotti, pensò nel 1829 di sottoporre l'acqua dei fiumi destinata ad uso potabile a filtrazione in filtri a sabbia. Il medico inglese J. Snow[8], uno dei primi anestesisti del suo tempo e valente epidemiologo, abbinando la ricerca scientifica all'analisi statistica, durante le epidemie del 1849 e del 1853 riuscì a dimostrare che i morti per colera nelle zone di Londra approvvigionate con acqua filtrata erano in numero inferiore a quello di coloro che bevevano acqua non filtrata. Quindi il colera era causato da acque inquinate dalle deiezioni di persone malate per questa malattia.

Nel 1849 Snow pubblicò una prima memoria riguardante il "Modo come si diffonde il colera"; per questa ricevette dall'Institut de France un premio di 1.200 fr. Nel 1855 ne pubblicò una nuova edizione contenente i risultati delle ricerche eseguite durante l'epidemia di colera del 1854.

Quando J. Snow pubblicava in Inghilterra le sue due memorie, in Francia L. Pasteur (1822-1895) ultimava le ricerche che - sollecitato da industriali vicini - aveva eseguito sulla fermentazione alcolica: prima era ritenuta soltanto frutto di reazioni chimiche, ma egli dimostrò che in essa intervenivano fenomeni vitali. Nel 1857 Pasteur mise in evidenza che il vino diventava acido perché alla fermentazione alcolica se ne sostituiva un'altra dovuta ad un microrganismo che fu in grado di isolare. Lo stesso anno pubblicò un'altra memoria nella quale poté

(\*) Già professore incaricato stabilizzato di Chimica Industriale, Facoltà di ingegneria, Università di Genova.  
Via Ilva, 4/15 - 16128 Genova

affermare che la fermentazione era dovuta all'azione di microrganismi.

Tra il 1860 ed il 1866 Pasteur dimostrò che in nessun liquido sterilizzato si sviluppavano microrganismi. La situazione cambiava quando veniva in contatto con l'aria, naturale serbatoio dei microrganismi.

Pasteur aveva dunque messo le basi di una nuova scienza, la microbiologia; per merito di essa la dipendenza delle malattie infettive da microrganismi fu presto dimostrata. Nel caso specifico del colera è noto che il microrganismo che lo genera, il vibrione, è stato scoperto da F. Pacini (1812-1883) nel 1854, il quale peraltro non fu creduto dai colleghi medici della Società Medica Fiorentina ai quali, lo stesso anno, aveva comunicato la scoperta. Trent'anni dopo (1883-84) il mondo medico applaudirà R. Kock (1843-1910) per la "riscoperta" del bacillo del colera che da lui prenderà il nome. E' utile all'argomento della presente memoria ricordare che nel 1881 egli aveva dimostrato che gli ipocloriti uccidono le culture di batteri.

L'idea lanciata da Snow che il colera veniva da acque inquinate - e più tardi quella di W. Budd che la stessa cosa avveniva per la febbre tifoide - nonché i buoni risultati ottenuti da Simpson con i filtri a sabbia, ebbero come conseguenza che la prima difesa per salvaguardare da malattie infettive - colera, tifo, paratifo e febbri intestinali - coloro che bevevano acque inquinate, fu la loro filtrazione su sabbia, in filtri adatti; tali cioè da poter pulire la sabbia quando era necessario. La filtrazione, operazione di per sé semplice ed economica, diminuisce fortemente e talvolta quasi annulla il numero dei microrganismi banali e patogeni contenuti originariamente nell'acqua. Di conseguenza diminuì anche il numero dei colpiti dalle suddette malattie infettive.

Per questi motivi la preventiva filtrazione delle acque per uso potabile, torbide o limpide, si diffuse straordinariamente e numerosi furono i filtri ideati per questo scopo. In Italia, come a Parigi, Londra ed altre numerose città straniere, trovò larga applicazione il sistema di filtrazione denominato Puech-Chabal, dai nomi di coloro che lo idearono e lo sperimentarono nella potabilizzazione delle acque della Senna (Parigi, 1899). Secondo questo sistema la filtrazione delle

acque viene eseguita in tre successivi stadi: sgrossamento, prefiltrazione, filtrazione.

### La clorazione dell'acqua

Essendo ormai chiaro che le malattie infettive più note erano dovute a microrganismi - per l'appunto denominati patogeni - e che la trasmissione del morbo avveniva con l'acqua bevuta, sorse la certezza che un'acqua inquinata può diventare potabile solo quando vengono distrutti i microrganismi in essa contenuti, ossia quando viene sterilizzata.

Non è inutile chiarire che un tempo - si può dire sino alla Seconda Guerra Mondiale - si parlava di "disinfezione" delle acque potabili la quale - nella mente dei suoi sostenitori - doveva provocare un abbattimento, neppure totale, del numero dei microrganismi patogeni mediante aggiunta all'acqua di reattivi chimici oppure con metodi fisici come i raggi ultravioletti. La disinfezione fu più un'aspirazione teorica che un'operazione attuabile. Di conseguenza fu abbandonata e sostituita con la "sterilizzazione" delle acque da adibirsi ad uso potabile, operazione che elimina l'intera flora batterica in esse contenuta.

Inizialmente la sterilizzazione veniva eseguita su piccole quantità di acqua da bere ed il metodo preferito era la sua ebollizione: era alla portata di tutti e conservava all'acqua le proprietà organolettiche che aveva prima della bollitura. Ma quando fu necessario sterilizzare grandi masse di acqua e si sapeva che la filtrazione - pur essendo considerata il mezzo migliore per purificare l'acqua non eliminava completamente i germi in essa contenuti[9] - fu necessario trovare nuovi sistemi.

Un confronto sperimentale tra le possibilità dei singoli metodi proposti per la purificazione delle acque da bere è stato fatto - verso la fine dell'Ottocento - da C. Sacerdotti[10] con l'intento di suggerire regole pratiche ad eventuali utenti. In modo particolare si è soffermato sull'impiego del cloro e derivati di cloro attivo[11].

La preferenza è giustificata dal fatto che di queste sostanze erano note da tempo le proprietà sbiancanti, deodoranti e disinfettanti e, pertanto, erano impiegati in molti usi ad esse confacenti.

Sin dal 1785 l'acqua di cloro era

commercializzata per la sbianca dei tessuti[12]; verso il 1800 Guyton De Morveau (1737-1816) in Francia e W. Cruikshank (1745-1800) in Inghilterra usavano il cloro come disinfettante generico[13]. Nel 1847 il medico ungherese I. Semmelweis (1818-1865) incominciò ad usarlo con successo per combattere le febbri puerperali in un ospedale di Vienna[14]; infine il cloruro di calce (ipoclorito di calcio + cloruro di calcio) nel 1854 fu usato nel trattamento delle acque di rifiuto di Londra[15].

Secondo Sacerdotti i metodi allora usati per la "purificazione" dell'acqua a scopo potabile si potevano riunire in tre gruppi. Il primo comprendeva quelli basati sulla "precipitazione" dei batteri, peraltro vivi, sul fondo dell'acqua. Per raggiungere lo scopo A. e V. Babes[16] suggerivano l'aggiunta di piccole quantità di allume; Werner[17] di allume più carbonato di sodio. Questi sistemi non furono considerati da Sacerdotti essendo già stata dimostrata la loro pericolosità. Al secondo gruppo appartenevano i metodi basati sull'aggiunta di permanganati di sodio e di potassio (Schipiloff[18]) oppure di calcio (Bordas e Girard[19]); al terzo, i metodi che - secondo una valutazione di allora - si credeva agissero sviluppando cloro nascente. Sacerdotti ricorda che Traube nella memoria "Einfaches Verfahren Wasser in grossen Mengen keimfrei zu machen" del dicembre 1893[20] afferma che era sufficiente aggiungere mg. 4,26 di cloruro di calce a un litro di acqua per liberarla in due ore completamente dai batteri; venivano poi aggiunti mg. 2,09 di solfito di sodio per eliminare il cloro che non aveva reagito.

Sacerdotti afferma inoltre che aveva già incominciato i propri esperimenti per combattere i batteri del tifo e del colera - presumibilmente verso il 1894-95 - quando Lode[21] confermò alla Società di Igiene di Vienna la validità del metodo di Traube, consigliando tuttavia di aumentare a mg. 30 l'aggiunta di cloruro di calce ad ogni litro di acqua da sterilizzare, assieme a g. 0,20 di acido citrico "che rende rapidamente libero tutto il cloro"; la sterilizzazione dell'acqua così trattata è completa dopo 10 minuti.

Sickenberger[22] propose l'aggiunta di mg. 5 di ipoclorito di sodio ad ogni litro di acqua; la sua completa sterilizzazione viene raggiunta dopo 5 minuti.

Sacerdotti, alla fine delle sue ricerche, concluse che tutti i procedimenti da lui provati erano validi contro il colera; contro il tifo il metodo suggerito da Traube non era sufficiente benché diminuisse notevolmente il numero dei germi nell'acqua; la dose di cloruro di calce proposta da Lode era eccessiva nelle prove di laboratorio, ma consigliabile nell'uso pratico. Però alla fine dichiara che i metodi chimici "non sono liberi da pericoli. Meglio senza dubbio... l'ebollizione, protratta per soli 5 minuti"!

Ogni acqua sottoposta a clorazione richiede un'aggiunta di cloro corrispondente al suo fabbisogno "chimico"[23], più un'altra quantità corrispondente al suo fabbisogno "biologico" (è quella che provoca la distruzione dei germi) ed una terza per costituire il "cloro residuo". Si vuole infatti che - nel caso dell'acqua potabile, ad esempio, in essa rimanga un "presidio" di cloro che dia la certezza a chi la beve che l'azione che il cloro doveva compiere in essa si è compiuta interamente ed inoltre che l'acqua è stata protetta da eventuali inquinamenti nel tragitto dal luogo ove è stata clorata - l'acquedotto - a quello dove è consumata[24].

La "clororichiesta" di un'acqua è la somma delle predette quantità ed è quella che si deve aggiungere all'acqua per ottenere l'effetto desiderato (potabilizzazione, deodorazione, antifouling, ecc.).

Le quantità di cloro aggiunte all'acqua - agli inizi prima della filtrazione ed in seguito, dopo - sono sempre piccolissime e vengono espresse in parti per milione (p.p.m.), ossia in grammi di cloro (in generale inferiore all'unità) per tonnellata di acqua (es. 0,5 p.p.m.).

La constatazione che l'aggiunta di piccolissime quantità di cloro attivo alle acque provochi in quelle dolci la morte dei microrganismi e nelle marine la morte di organismi di dimensioni ben maggiori (mitili, cozze, balani, pesci di non elevate dimensioni) ha sempre destato in me meraviglia e stupore. Lo studio del meccanismo delle reazioni tra cloro e acqua e tra cloro e organismi viventi non era stato affrontato in pieno. Con molta semplicità si ammetteva che sia il cloro elementare che gli ipocloriti quando si sciolgono nelle acque - in piccolissime quantità - liberano acido ipocloroso che poi genera ossigeno[25], definito "na-

sciente" e ritenuto dotato di particolare reattività[26]. Questo è ossigeno "atomico" e la sua forte reattività è dovuta alla sua instabilità. Infatti, nella sua struttura elettronica, esistono due orbitali senza elettroni[27]. Questo ossigeno ossida velocemente le sostanze organiche, quindi uccide i microrganismi di qualunque tipo. Per trovare una spiegazione pensavo all'esistenza di qualche "rapporto di preferenza" tra l'ossigeno nascente ed i micro o macro-organismi con i quali veniva in contatto.

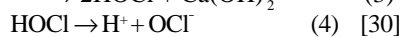
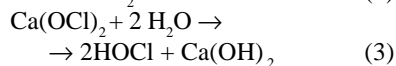
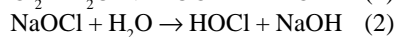
Immaginavo una similitudine con il comportamento dell'emoglobina del sangue con l'ossigeno e con l'ossido di carbonio: nel primo caso si forma un composto reversibile (ossiemo-globina), nell'altro uno fortemente stabile (carboossiemo-globina). Pur trattandosi di fenomeni diversi, per me rappresentavano pur sempre processi di ossidazione di materiale organico in vita.

In seguito questo comportamento fu chiarito: l'ossido di carbonio si combina con l'emoglobina negli stessi siti della molecola dove si combina anche l'ossigeno; tuttavia la sua affinità per l'emoglobina è 250 volte, secondo altri 210 volte, superiore a quella dell'ossigeno. Pertanto una pressione parziale di ossido di carbonio negli alveoli polmonari di soli 0,5 mm. di colonna di Hg, 210 volte minore di quella dell'ossigeno negli stessi, è sufficiente a fissare il 50% dell'emoglobina nel sangue e solo l'altra metà assorbe l'ossigeno[28].

Pensai allora che in questo caso il "rapporto di preferenza" poteva essere la maggiore affinità dell'emoglobina verso l'ossido di carbonio.

Quando pensavo a questo problema non erano ancora note - anche per causa delle ostilità tra gli Stati Uniti ed il nostro Paese - i risultati delle numerosissime ricerche eseguite oltre oceano sulla clorazione delle acque. Questi risultati dimostrarono che le idee che si avevano sul potere battericida del cloro erano errate.

Secondo i nuovi studi quando si aggiungono piccole quantità di cloro o di ipocloriti all'acqua avvengono le seguenti reazioni[29]



La costante di equilibrio dell'ultima

reazione è:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OCl}^-]}{[\text{HOCl}]} = 3 \cdot 10^{-8} \quad (5)$$

Da queste deriva che l'aggiunta all'acqua di piccole quantità di cloro e di ipocloriti non produce né ossigeno nascente né cloro nascente. Inoltre assumendo che il potere battericida sia dovuto tanto sia agli ipocloriti che all'acido ipocloroso [31], la (5) mostra che il rapporto tra i due dipende dagli ioni idrogeno, ossia dal pH.

In realtà l'acido ipocloroso ha un potere battericida più forte dell'OCl<sup>-</sup>; Fair (1948) e Morris (1966) hanno dimostrato che il potere battericida di OCl<sup>-</sup> è circa 1/80 di quello dell'HOCl, anche variando il pH[32].

Il forte potere battericida dell'acido ipocloroso sarebbe dovuto alla sua piccola dimensione molecolare che gli permette di attraversare con facilità la membrana cellulare e penetrare nel protoplasma per distruggere un enzima indispensabile al metabolismo batterico.

Tra l'acido ipocloroso e questo enzima potrebbe svolgersi quel "rapporto di preferenza" che andavo cercando per spiegarmi il fatto che con piccole quantità di cloro si possono sterilizzare quantità di acqua un milione di volte superiori.

Non sembra che queste conclusioni possano portare qualche utilità nelle applicazioni pratiche. Infatti il pH è quello posseduto dall'acqua da clorare (circa 7) e nessuno sarebbe disposto ad abbassarlo per rendere più efficiente un'operazione notoriamente economica. D'altra parte il cloro viene aggiunto in modo che si mescoli con l'acqua in maniera rapida e completa: o sull'aspirazione delle pompe di trasferimento (la vecchia "verdunizzazione") o con iniettori che aspirano contemporaneamente aria e cloro in modo da creare un gorgogliamento - e quindi una rapida miscelazione - quando vengono in contatto con l'acqua o con altri sistemi. Sembra quindi impossibile che si formino zone morte o stazionarie nelle quali avvengono reazioni diverse da quelle sopra considerate.

### Prime applicazioni pratiche del cloro alle acque

Sembra che le prime applicazioni siano state fatte più per sfruttare le proprietà deodoranti dei composti di cloro

attivo che quelle depuranti: valga come esempio il ricordato impiego fatto in Inghilterra nel 1854 del cloruro di calce dalla Royal Sewage Commission per deodorare le acque di rifiuto di Londra.

Si ritiene che il primo trattamento continuo dell'acqua per uso potabile con cloro sia avvenuto nel 1896 a Pola, base navale dell'Impero austro-ungarico nell'Adriatico; fu usata polvere sbiancante durante un'epidemia di tifo.

Un secondo trattamento continuo dell'acqua sarebbe avvenuto a Middelkerke (Belgio) nel 1902 ad opera di M. Duyk, quando introdusse per lo stesso scopo l'uso del cloruro di calce mescolato con cloruro ferrico (processo Ferroclor). I due reagenti venivano aggiunti all'acqua prima della filtrazione su sabbia, uno per aiutare la coagulazione delle sostanze in sospensione, l'altra per distruggere i microrganismi.

Altra applicazione a carattere municipale venne fatta a Londra verso il 1905 da A. Houston (sir) (1865-1933) e Mc Gowan durante un'epidemia di tifo. Usarono una soluzione di ipoclorito di sodio (processo Chlorous)[33]. E' del 1908 la prima aggiunta continua di ipoclorito di sodio ad un acquedotto municipale fatta negli Stati Uniti (New Jersey) da J.L. Leal e G.A. Johnson[34].

Sempre negli Stati Uniti, nel 1913, malgrado la sua pericolosità e le difficoltà di dosaggio, fu usato il cloro liquefatto in bombole. Trovò larga diffusione e, dopo tre anni, era già utilizzato da un centinaio di acquedotti di importanti città. La clorazione fu usata in Italia specialmente per potabilizzare le acque di superficie, in certo qual modo di "origine incerta", sempre più indispensabili per sopperire alla crescente richiesta di acque potabili. L'Acquedotto De Ferrari Galliera di Genova, che utilizzava l'acqua dei bacini artificiali del Gorzente sin dal 1884, fu uno dei primi ad usare la clorazione con cloruro di calce.

A questo proposito è da notarsi che il cloruro di calce - la "polvere sbiancante" - disponibile in commercio divenne presto il reagente preferito dagli acquedotti per clorare le acque.

Ma, nel nuovo impiego, questo prodotto era causa di inconvenienti: il suo titolo in cloro attivo variava e quindi occorreva controllarlo sovente (cosa non sempre possibile negli acquedotti); doveva essere preven-

tivamente sciolto in acqua, ma lasciava residui voluminosi e maleodoranti, i deprecati "fondacci"; infine l'azione battericida delle soluzioni di cloruro di calce era lenta.

### **La clorazione elettrochimica delle acque**

Anche in un recente breve scritto[35] ho avuto occasione di ricordare che verso la fine della Seconda Guerra Mondiale costruivamo piccoli impianti per la produzione di ipoclorito di sodio. In generale venivano utilizzati nell'industria tessile e negli acquedotti. Primo tra questi è stato il ricordato Acquedotto De Ferrari Galliera, seguito da un acquedotto municipale di Genova e da quello di Rapallo. Consumavano poca energia elettrica ed erano alimentati con il sale marino - molto impuro - del Mare Ligure.

Terminate le ostilità, decisi d'introdurre nella loro costruzione alcuni miglioramenti che ritenevo vantaggiosi per il loro uso negli acquedotti.

Ritenni superflua la preparazione dell'ipoclorito di sodio nella potabilizzazione dell'acqua: sarebbe stato sufficiente produrre "in situ" elettroliticamente il cloro ed immetterlo direttamente dall'acqua da clorare. Risolvevo così due problemi: il dosaggio del cloro - poteva essere regolato variando la corrente continua di alimentazione delle celle elettrolitiche - e l'eliminazione della sua pericolosità. Infatti il cloro - appena prodotto - veniva immesso nell'acqua da clorare.

Durante la mia attività ho avuto la possibilità di costruire numerosi impianti per la produzione di cloro secondo il predetto ciclo. Al di sopra di una certa potenzialità è stato possibile automatizzarli completamente, asservendoli al misuratore di portata istantanea dell'acqua da clorare. Questo strumento regolava la corrente di alimentazione dell'impianto elettrolitico e quindi la produzione di cloro. Un altro dispositivo regolava l'immissione della salamoia nelle celle elettrolitiche in funzione del cloro prodotto. La preparazione della salamoia, in generale da salgemma, era regolata da un altro dispositivo che agiva secondo il suo consumo nelle celle elettrolitiche.

Questo processo elettrochimico è stato da me esteso anche al trattamento delle acque di rifiuto, di quelle di refrigerazione e ad altre applicazioni, tra le quali il trattamento antivegetativo

sulle navi[36] del quale ritengo di avere il primato.

I concetti precedentemente ricordati per spiegare il "meccanismo" dell'azione del cloro sui microrganismi contenuti nelle acque sono derivati dall'applicazione della cinetica alle reazioni fondamentali tra cloro e acqua. La cinetica considera solo macroscopicamente l'evoluzione temporale di un processo chimico.

D'altra parte, il premio Nobel per la Chimica è stato assegnato nel 1999 ad H. Zewail per le sue recenti ricerche sulla dinamica molecolare[37]. Per merito suo è nata una nuova branca della scienza chimica, la femtochimica con la quale non solo è possibile studiare i vari stadi di una reazione chimica, ma anche seguire l'evoluzione di un singolo stadio.

Certamente questa nuova scienza verrà applicata - ma non si può escludere che sia già stato fatto - anche allo studio delle reazioni tra cloro ed acqua, tra cloro e microrganismi, tra cloro e piccoli organismi marini con vantaggio per l'attuale tecnica - che sarà ritenuta obsoleta - riguardante la clorazione delle acque.

Servirà certamente ad avvicinare alla realtà dei fatti; ma i risultati ottenuti non saranno definitivi perché il fascino della scienza in ogni campo è dovuto al suo continuo evolversi per penetrare nell'intimo dei fenomeni naturali che più si studiano, più danno adito a ulteriori ricerche.

### **Note e Bibliografia**

[1] W.A. Campbell e Peter J.T. Morris, Introduction - in A.A.V.V. Milestones in 150 Years of the Chemical Industry, Pubblicazione della Royal Society of Chemistry, 1991, pp. 4-6.

[2] L'importanza industriale del cloro si manifestò durante la prima guerra mondiale quando questo gas fu usato come "arma chimica" sul campo di battaglia. Attualmente si ritiene che circa il 60% delle attività chimiche impiega cloro in maniera diretta o indiretta (essendo fortemente reattivo è infatti usato in reazioni chimiche che, altrimenti, avrebbero bisogno di grandi quantità di energia). Si ritiene che sia usato per fabbricare circa diecimila prodotti e che il 95% dei beni cosiddetti di consumo - in qualche modo - è prodotto grazie al cloro.

Da qualche anno si è intensificata la campagna contro il cloro ritenuto nocivo all'umanità ed all'ambiente. Per difendere l'uso del cloro da ingiuste accuse, F. Engelbeen ha fondato l'organizzazione dei "Clorofili" alla quale partecipano tecnici impegnati nell'industria del cloro e del PVC, inizialmente del Belgio e dei Paesi



Bassi, ora di tutto il mondo (Internet Ferdinand Engelbeen@ping.be; qui si possono leggere notizie interessanti ed aggiornate riguardanti il cloro e i suoi derivati).

[3] Per notizie storiche riguardanti Nicola Leblanc ed il suo processo di fabbricazione industriale della soda cfr. S. Doldi, Scoperte e invenzioni nell'era moderna, Sagep Editrice, Genova, 1982, p. 257 e segg.

[4] R. Piria, Appunti sull'industria chimica dai viaggi in Inghilterra del 1851 e del 1862 a cura di Leonello Paoloni, edito dalla Facoltà di Scienze dell'Università di Palermo, a. 1996.

Raffaele Piria (Silla 1814 - Torino 1865) si laureò in medicina a Napoli nel 1837 e successivamente si recò a Parigi dove frequentò il laboratorio di J.B. Dumas. Qui compì le note ricerche sulla salicina. Verso il 1839 Piria tornò a Napoli dove tentò invano di fondare la prima Scuola italiana di chimica. Nel 1842 fu chiamato alla cattedra di Chimica dell'Università di Pisa, dove dal 1845 ebbe come preparatore S. Cannizzaro; con C. Matteucci fondò il "Nuovo Cimento". Nel 1865 Piria chiese il trasferimento all'Università di Napoli sperando che il clima mite della città giovasse alla sua salute. Ma questo non avvenne; si spense in un suo viaggio a Torino.

[5] Annali dell'economia italiana. Istituto IPSOA, vol. I, p. 106.

[6] Allora, le piriti italiane erano pressoché sconosciute.

[7] R. Piria Appunti sull'industria chimica... cit., pp. 70-74.

[8] John Snow nato a York il 15 marzo 1813, figlio primogenito di un agricoltore, a quattordici anni fu messo a far pratica presso W. Hardcastle, medico a Newcastle; nel 1831 quando per la prima volta il colera funestò l'Inghilterra prestava la sua opera in una miniera di carbone vicino a questa località. Nel 1836 divenne studente della Hunterian School of Medicine a Londra e nel 1838 si laureò in medicina. Morì a Londra il 16 giugno 1858, sfinito dal lavoro e forse vittima di un sistema di vita troppo austero.

Per ulteriori notizie vedi la voce in: Sydney Lee, Dictionary of National Biography, London, 1909, vol. XVIII, p. 615; Chambers's Encyclopaedia, London, vol. XII, pp. 622-623; Charles Couston, Dictionary of scientific Biography, N. York, vol. XII, p. 502.

[9] Cfr. ad esempio V. De Giaxa, Manuale d'igiene pubblica, Vallardi, Milano, 1891, pag. 364-366. - E. von Eschsch, Prontuario igienista, I ed. italiana tradotta da F. Abba dalla II ed. tedesca (1898), Torino, Rosenberg e Sellier (1899), pp. 48-49.

[10] C. Sacerdotti Sulla sterilizzazione chimica dell'acqua, in Atti della Società Piemontese di Igiene, 1895, pp. 53-58. Un ampio riassunto è riportato nella Rivista clinica e terapeutica, XVIII (1896), pp. 495-497; nel Malpighi Gazzetta Medica di Roma (1896), pp. 417-420.

[11] Non mancò chi propose a chi è in viaggio la sterilizzazione dell'acqua mediante correttivi (Fernet, Ferrochina Bisleri, cognac, rum, ecc., in tutto 15). Solo il tamarindo, l'anice ed il mestrà erano ritenuti capaci di distruggere i germi del colera

in modo completo e rapidamente (Gorini C. Sulla possibilità di una purificazione rapida dell'acqua per rispetto al colera, mediante i più comuni correttivi - in Rivista clinica e terapeutica, XV, sett. 1893, p. 503).

[12] Seymour S. Block, Disinfection, Sterilization, and Preservation, Lea & Febiger, 1983, Philadelphia, p. 157.

[13] American Water Works Association (A.W.W.A.), Water Quality and Treatment, McGraw-Hill Book Company, New York, 1971, p. 176.

[14] K. Codell Carter, B. Carter, Childbed fever: a scientific biography of I. Semmelweis, Westport, Conn., Greenwood Press, 1994.

Sul travaglio sofferto da I.F. Semmelweis per giungere alla sua scoperta e superare le contestazioni che ne seguirono cfr. L.F. Céline, Il dottor Semmelweis, trad. di G. Ceronetti, Adelphi, Milano, 1979, pp. 43-71.

[15] A.W.W.A., Water Quality... cit., p. 178.

[16] A. e V. Babes, Centr. f. Bakt. u. Pat., XII Bd, 1892, p. 132.

Babes Victor (Vienna 4 luglio 1854 - Bucarest 19 ott. 1926), studiò in parte a Budapest, in parte a Vienna dove si laureò in medicina; iniziò la sua carriera scientifica a Budapest come assistente di anatomia patologica. Negli anni 1883-4 studiò da Virchow e Koch a Berlino e presso Cornil a Parigi.

Nel 1885 divenne professore di Istologia patologica nell'Università di Budapest. Nel 1886 si recò a Parigi da Pasteur per imparare i suoi metodi per combattere la rabbia dei cani (Hirsch, Biographisches Lexikon der hervoragenden Ärzte aller Zeiten und Völker, Monagen, 1962, Bd I, pp. 265-266; Ezgänzungband p. 52).

[17] M. Werner, Annales de micrographie spécialement consacrées à la bactériologie, aux protophytes et aux protozoaires, 1895, p. 79.

[18] C. Schipiloff, Revue medicale de la Suisse Romande, 1892, p. 793.

[19] Bordas e Girard, Revue d'hygiène et de la police sanitaire, aprile 1895.

[20] M. Traube, Zeitsch. f. Hygiene u. Infektionskrank., 1894, p. 149-150.

Moritz Traube (Ratibor, 12/2/1826 - Berlino, 28/6/94) chimico, fratello del medico Ludwig, padre di Hermann (n. a Ratibor nel 1860), professore di mineralogia all'Università di Berlino e di Wilhelm (n. a Ratibor nel 1866), chimico, anch'egli professore all'Università di Berlino. Moritz T. si laureò nel 1847 e terminati gli studi di chimica a Giessen, Breslavia e Berlino fu attivo nell'azienda vinicola paterna. L'abbandonò nel 1866 quando si trasferì a Breslavia dove organizzò un laboratorio privato; nel 1886 lasciò questa attività per dedicarsi interamente alle sue ricerche; nel 1891 si trasferì a Berlino.

M. Traube si occupò di processi di ossidazione animali e vegetali: nella memoria "Theorie der Fermentwirkungen (Berlin, F. Dummler, 1858, pag. 119) dedicata al fratello Ludwig, già professore all'Università di Berlino, dimostrò che la fermentazione alcoolica è dovuta ad un fermento non vivo (enzima). Nel 1867 con

la "cella Traube" anticipò quella di Pfeiffer per le ricerche sull'osmosi. Dal 1885 Traube fu socio di importanti Accademie (La voce in Deutsche Biographische Enzyklopedie, Bd 10 - Poggendorff... Vierter Bd., 1904, pp; 1519).

[21] L. Lode, Münchener medicinische Wochenschrift, 1895, p. 550.

Lode Luigi, igienista, nato a Broos (Sichenbürgen) il 15, XI, 1866, morto a Innsbruck il 19, XI, 1950. Laureato in medicina all'Università di Vienna (1892), nel 1894 assistente nell'Istituto di igiene dell'Università, nel 1897 abilitato; negli stessi anni organizzò un Istituto di igiene a Innsbruck dove completò la sua carriera accademica. Compì molte ricerche scientifiche, ma anche altre riguardanti argomenti pratici. Fu un precursore della penicillina (Osterreichisches Biographisches Lexikon 1815-1850 Wien, 1972 V Bd, pp. 267-268).

[22] Sickenberger, Hygienische Rundschau, 1895, p. 106.

[23] Il fabbisogno chimico - in generale superiore a quello biologico - è la quantità di cloro necessaria alle sue reazioni chimiche con sostanze contenute nell'acqua. Le acque sulfuree, ad esempio, sottoposte all'azione del cloro liberano zolfo e diventano opalescenti. Ben peggiore è il comportamento delle acque di refrigerazione delle raffinerie le quali contengono idrocarburi non saturi che reagiscono con il cloro e provocano, talvolta, consumi di cloro elevatissimo.

[24] S. Doldi Moderne vedute sulla clorazione delle acque, in Atti del I Convegno tecnico-economico nazionale delle Aziende Municipalizzate, Bari, novembre 1958.

[25] Per il cloro elementare si scrivevano le seguenti reazioni:

$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HCl} + \text{O}$$

$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HOCl}$$

$$\text{HOCl} \rightarrow \text{HCl} + \text{O}$$

(E. Molinari, Trattato di chimica generale e applicata all'industria, Hoepli, Milano, 1943, vol. I, p. I, p. 502.

[26] Similmente si comporta l'ozono: è poco solubile nell'acqua, ma si decompone velocemente liberando ossigeno atomico ed ossigeno molecolare.

[27] L'aggettivo "nascente" è veramente appropriato, perché ogni essere prima di nascere è incompleto: l'ossigeno molecolare è l'unione di due atomi di quello nascente.

[28] A.G. Guyton Trattato di fisiologia medica (trad. di A. Curatolo dalla IV edizione inglese), Padova, Piccin Editore, p. 502.

[29] Seymour S. Block, Disinfection, ... cit., pp. 158 e 160-162.

[30] Il fatto che queste reazioni approdino tutte alla formazione di acido ipocloroso, giustifica l'abitudine di non fare distinzioni tra cloro e ipocloriti nella clorazione delle acque.

[31] Nella clorazione dell'acqua di mare il cloro reagisce anche con i composti di bromo (NaBr e MgBr<sub>2</sub>) in essa contenuti in piccole quantità, variabili da mare a mare. L'HOCl reagisce con gli ioni bromo nel modo seguente: HOCl + Br<sup>-</sup> → HOBr + Cl<sup>-</sup>. Pertanto nell'acqua di mare clorata sono presenti quattro ossidanti: HOCl, OCl<sup>-</sup>,

HOB<sub>r</sub>, OBr<sub>r</sub>. Il loro insieme è denominato "total available oxidant" (totale ossidanti disponibile).

[32] La minore rapidità di azione degli ipocloriti rispetto al cloro elementare potrebbe trovare la sua spiegazione nel fatto che le basi residue dalle loro reazioni con l'acqua, innalzano il valore del pH.

[33] G. Clifford White, Handbook of Chlorination, VNB, N. York, 1972, p. 279.

[34] A.W.W.A. Water quality..., cit. p. 178.

[35] S. Doldi, Il trattamento antivegetativo nei circuiti di acqua marina sulle navi - La Chimica e l'Industria, **81**, 1999, n. 10, p. 1282.

[36] S. Doldi, Trattamento antivegetativo

nei circuiti di acqua marina a bordo delle navi - in Marina italiana - fasc. di novembre 1954. Vedi anche la nota 35.

[37] A. Trombetti, Il premio Nobel per la Chimica 1999 in La Chimica e l'Industria, **81**, 1999, p. 1153.

## DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

# Come risolvere i problemi sugli equilibri ionici

### Abstract

*Ionic equilibrium problems are usually solved using a set of formulae and this approach is also used in worked examples in textbooks. As a consequence, students are not able to solve ionic equilibrium problems in a systematic way: a problem that does not repeat already known schemes, is solved by our students in different wrong ways. As a matter of fact, students solve problems using a repertoire of rote-learned formulae: this is not the best way to face problem solving if our instructional goal is that our students acquire high level thinking skills.*

*As instructors, we can agree that the difficulty faced by students in solving ionic equilibrium problems is the recognition of the chemical approach required in different situations. The method here presented relies on chemical information that every student must know: water is always ionized and the ionic product of water must always be verified; acids and bases always react; strong acids, bases and ionic salts are completely ionized; weak acids and bases are partially ionized and conjugate species undergo hydrolysis. From this information, students can construct the solution using a logical process; so they are helped*

### LIBERATO CARDELLINI (\*)

*to develop metacognitive skills such as planning and trying out potential problem solutions in qualitative terms before making any calculations and to verify the result. The verification is based on the numerical check of the mass balance equation, the electroneutrality condition and the requirements of the dissociation constants. The advantage of this approach is that students become able to solve analogous problems they have not seen before, just by applying the same logic.*

### Riassunto

*Nei libri di testo e in quelli di stechiometria, i problemi relativi agli equilibri ionici sono in genere risolti usando un insieme di formule valide a seconda dei vari casi considerati. La conseguenza di questo tipo di didattica è che gli studenti non sono capaci di risolvere i problemi sugli equilibri ionici in modo sistematico e il ricorso alle formule imparate a memoria nella soluzione di problemi talvolta produce risultati non accettabili. Se ottengono un risultato sbagliato, gli studenti non possono porvi rimedio perchè non sanno di aver sbagliato. Inoltre, il ricorso a formule imparate a memoria non è certamente il modo migliore per sviluppare nei nostri studenti le abilità nel problem solving e nel*

*ragionamento astratto.*

*Dalla nostra esperienza di insegnanti sappiamo che la difficoltà maggiore i nostri studenti la incontrano nella corretta rappresentazione del problema e nel conseguente ragionamento da applicare nelle differenti situazioni. Viene qui presentato un metodo che può superare questi inconvenienti e che aiuta lo studente a sviluppare le abilità metacognitive quali pianificare il processo e ricercare una soluzione qualitativa prima di iniziare i calcoli, aiutato in questo dall'impiego di una procedura problem-solving. Vengono utilizzate le informazioni chimiche che ogni studente conosce dopo aver studiato gli equilibri ionici. Metodi euristici di verifica quali "controlla le implicazioni della soluzione trovata" oppure "le unità di misura sono corrette?" sono affiancati da operazioni più potenti quali il controllo numerico delle equazioni di bilancio di carica e di massa, dalla condizione di elettroneutralità e dal controllo dei valori delle costanti di equilibrio.*

### Introduzione

La didattica di questo argomento dovrebbe, parafrasando Freiser [1], evitare la Scilla delle semplificazioni per raggiungere la chiarezza e i Cariddi di ingombranti equazioni rigorose, per ottenere un risultato corretto. Da oltre trenta anni i problemi sugli equilibri ionici in chimica generale vengono risolti ricorrendo al metodo di Butler: la regola dell'approssimazio-

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

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

ne del 5% [2]. Per lavorare col metodo delle approssimazioni Butler propone una procedura consistente in 7 passi: questo metodo in mano ad un chimico esperto, certamente funziona. La maggior parte degli studenti non sono però chimici esperti e non sono in grado di valutare il risultato finale; di conseguenza non sono in grado di eseguire in modo sicuro le semplificazioni nelle equazioni di bilancio di carica e di massa, come il metodo richiede. Il procedimento logico per stabilire se la concentrazione di un certo ione sia "trascurabile" oppure "significativa" è per lo studente, privo di senso perché viene percepito essere troppo lontano rispetto alle sue capacità cognitive. Possiamo riconoscere che esistono dei casi in cui l'applicazione di questo metodo è difficile anche per noi esperti.

Ancora oggi alcuni libri di testo utilizzano in modo esplicito questo metodo [3]. In pratica però esso si riduce all'uso di formule imparate a memoria. Spesso, questo metodo permette di ottenere risultati corretti, ma le capacità logiche e critiche dello studente vengono usate ad un livello molto basso; a volte gli studenti non si rendono conto se le approssimazioni che adottano siano legittime oppure no<sup>(1)</sup>. Gli esempi di calcolo del pH per soluzioni di acidi, nei libri di testo e nella didattica in aula trattano casi in cui  $[H^+] = C_a$  o  $[H^+] = (K_a C_a)^{1/2}$ , dove  $C_a$  è la concentrazione totale dell'acido forte o debole e  $K_a$  è la costante di ionizzazione dell'acido debole, e avvisando che la seconda equazione è applicabile per concentrazioni fino a  $10^{-4}$  mol H<sup>+</sup>/L, quando  $K_a$  è compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  M e per concentrazioni fino a  $10^{-2}$  mol H<sup>+</sup>/L, quando  $K_a$  è compresa tra  $10^{-6}$  e  $10^{-8}$  M<sup>(2)</sup> [4]. In questo modo gli studenti memorizzano una generalizzazione dell'ipotesi di risoluzione nella forma *p implica q*. In questo caso *p* assume il significato di "in una soluzione acida" e *q* di "non è necessario considerare la dissociazione dell'acqua" [5]. Attraverso gli esempi risolti si mostra che le formule "funzionano" e si propongono problemi da risolvere utilizzando acidi con valori della costante di ionizzazione adatti e "opportuni" valori della concentrazione molare. Il "trucco" c'è; però tutto funziona fino a che noi docenti e gli studenti rispettiamo le "regole".

L'esperienza didattica dimostra che questa maniera di risolvere i problemi relativi agli equilibri ionici è poco efficace; gli studenti usano gli stessi espedienti usati da noi docenti quando eravamo studenti: mandano a memoria le formule (oppure le scrivono da qualche parte) e le utilizzano senza tener presenti i limiti entro i quali le formule possono essere applicate. Queste procedure conducono alle volte a risultati inaccettabili. Anni or sono, è stato dato da risolvere il problema: calcolare la concentrazione degli ioni idrogeno in una soluzione acquosa di acido acetico  $1,00 \cdot 10^{-7}$  M.  $K_a = 1,753 \cdot 10^{-5}$  M. Con mia grande sorpresa alcuni studenti hanno risolto il problema in questo modo:

$$[H^+] = (K_a C_a)^{1/2} = 1,32 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

dove  $C_a$  è la concentrazione totale dell'acido acetico. Come è possibile che  $[H^+] = 13,2 C_a$  [6]? Si provi a porre agli studenti il seguente problema: Calcolare il pH di soluzioni acquose di HCl aventi concentrazione di  $10^{-2}$  M,  $10^{-4}$  M,  $10^{-6}$  M,  $10^{-8}$  M. Praticamente tutti gli studenti applicheranno la stessa formula a tutti i casi e troveranno valori del pH rispettivamente di 2, 4, 6 e 8 [7].

La stessa cosa può essere detta dell'equazione di Henderson-Hasselbach presente in tutti i libri di testo di Chimica Generale: gli studenti apprendono dagli esempi come applicarla e la applicano a tutti i casi, anche quando non può essere applicata perché i risultati che si ottengono sono affetti da errori rilevanti [8]. Tutte le equazioni approssimate che si utilizzano falliscono in certe circostanze: dunque è necessario un ripensamento della maniera di risolvere i problemi sugli equilibri ionici.

E' vero che è possibile ridurre la soluzione di qualunque problema sugli equilibri ionici alla risoluzione di una equazione polinomiale di grado *n* e utilizzare un opportuno programma di calcolo per ottenere il risultato numericamente corretto [9]. Ma, risolvendo una equazione polinomiale, gli studenti che cosa imparano di chimica?

#### Un metodo che utilizza il ragionamento

Prima di iniziare la presentazione del metodo è necessario fare alcune importanti precisazioni. Il pH viene definito dalla IUPAC come il risultato della lettura di un pHmetro che è stato standardizzato utilizzando un opportuno tampone [10]. D'altra parte, il pH

misurato sperimentalmente, spesso è diverso dal valore calcolato [11]; il pH è uguale a  $-\log[H^+]$  in soluzioni così diluite che gli ioni H<sup>+</sup> non sono influenzati da niente altro eccetto che dal solvente [12]. La misura del pH delle soluzioni spesso mostra differenze sostanziali con il valore calcolato: il pH di una soluzione 0,1 M di HCl è 1,1 [13], mentre l'attività di una soluzione 5,0 m di HCl è 11,90 [14];  $K_w$  varia al variare della forza ionica del mezzo, oltre che al variare della temperatura e della pressione [15]. Questi fatti devono spingerci ad informare gli studenti circa i limiti della trattazione elementare degli equilibri ionici; in particolare gli studenti di biologia<sup>(3)</sup>. Il metodo qui proposto vuole essere una alternativa alla corrente maniera di risolvere i problemi sugli equilibri ionici.

Quanto è l'errore che si può tollerare nei calcoli svolti dai nostri studenti? La risposta a questa domanda dipende da che cosa vogliamo che gli studenti apprendano attraverso la risoluzione dei problemi. Se lo scopo dei nostri sforzi è formare nello studente una mentalità rigorosa e sviluppare un modo di ragionare rigoroso, come nel caso degli studenti di Ingegneria, la risposta sarà necessariamente obbligatoria. E' necessario dare la dovuta importanza alla correttezza dei calcoli e del risultato numerico: nel corso di chimica, i problemi di esame vengono considerati risolti in modo corretto quando 1) il procedimento risolutivo è corretto e 2) usando almeno tre cifre significative, l'errore relativo del risultato è inferiore o eguale all'1%. L'errore relativo percentuale (E) è definito come il valore assoluto della relazione

$$(1 - R'/R) 100 = E$$

per  $R \neq 0$ , dove  $R'$  è il risultato trovato e  $R$  è il risultato esatto. Per risultato esatto si intende il risultato ottenuto attraverso un corretto procedimento risolutivo e che soddisfa la verifica, tenendo conto delle cifre significative.

Gli studenti diventano attenti all'uso delle cifre significative se sanno che incorrono in una penalità quando sbagliano il risultato. Il sistema usato è il seguente: da 1 a 3% di errore la penalità è 1/30; da 3 a 5% di errore, 2/30 e 3/30 se l'errore è maggiore del 5%. Gli studenti nelle prove di esame devono risolvere 3 problemi, perciò il solo errore di calcolo viene valutato in modo

severo.

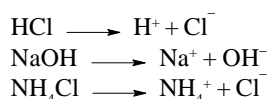
Per stimolare le abilità cognitive dello studente, non serve insegnargli un algoritmo in grado di risolvere un caso specifico, ma un ragionamento di validità generale che permetta allo studente di affrontare i vari casi e risolverli, ragionando per analogie e generalizzando il procedimento. Il particolare problema diviene il contesto nel quale le capacità logiche vengono messe alla prova e sviluppate. Un metodo didattico per risolvere i problemi sugli equilibri ionici dovrebbe:

#### Bilancio di carica e di massa

Per usare con disinvoltura tale metodo è necessario aver presenti le osservazioni che seguono, che peraltro fanno parte del bagaglio culturale dello studente universitario che si prepara per l'esame di chimica:

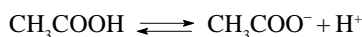
1 - L'acqua è sempre ionizzata<sup>(4)</sup> secondo l'equilibrio:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Sempre deve essere verificata la condizione:  $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w$ , dove  $K_w$  è il prodotto ionico dell'acqua.

2 - Gli acidi forti, le basi forti e i sali ionici sono completamente ionizzati:



Se  $C_a$  è la concentrazione molare dell'acido cloridrico, si ha:  $C_a = [\text{Cl}^-]$ . Se  $C_s$  è la concentrazione del cloruro di ammonio, si ha:  $C_s = [\text{Cl}^-]$ . Se  $C_b$  è la concentrazione molare dell'idrossido di sodio, si ha:  $C_b = [\text{Na}^+]$ .

3 - Gli acidi deboli e le basi deboli sono parzialmente ionizzati:



All'equilibrio, si ha:  $K_a[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]$ .

Il **bilancio di massa** si basa sulla deduzione che tutto l'acido acetico è in soluzione come tale o come anione acetato: se  $C_a$  è la concentrazione dell'acido acetico, si ha:

$$C_a = [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

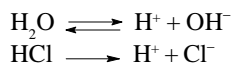
Tab. 1. Influenza della ionizzazione dell'acqua sulla ionizzazione dell'acido cloridrico.

[HCl]	$[\text{H}^+]_{\text{HCl}}$	[OH <sup>-</sup> ]	$[\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$	[H <sup>+</sup> ]
$1,00 \cdot 10^{-1}$	$1,00 \cdot 10^{-1}$	$1,00 \cdot 10^{-13}$	$1,00 \cdot 10^{-13}$	$1,00 \cdot 10^{-1}$
$1,00 \cdot 10^{-2}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$	$1,00 \cdot 10^{-12}$	$1,00 \cdot 10^{-12}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$
$1,00 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-11}$	$1,00 \cdot 10^{-11}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$
$1,00 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-10}$	$1,00 \cdot 10^{-10}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$
$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,00 \cdot 10^{-9}$	$1,00 \cdot 10^{-9}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$
$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$9,90 \cdot 10^{-9}$	$9,90 \cdot 10^{-9}$	$1,01 \cdot 10^{-6}$
$1,00 \cdot 10^{-7}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$	$6,18 \cdot 10^{-8}$	$6,18 \cdot 10^{-8}$	$1,62 \cdot 10^{-7}$
$1,00 \cdot 10^{-8}$	$1,00 \cdot 10^{-8}$	$9,51 \cdot 10^{-8}$	$9,51 \cdot 10^{-8}$	$1,051 \cdot 10^{-7}$
$1,00 \cdot 10^{-9}$	$1,00 \cdot 10^{-9}$	$9,95 \cdot 10^{-8}$	$9,95 \cdot 10^{-8}$	$1,005 \cdot 10^{-7}$

4 - Le sole approssimazioni consentite sono di natura numerica: una quantità piccola può essere trascurata se sommata o sottratta da una quantità grande; non può essere trascurata se moltiplicata o divisa.

$$\begin{aligned} 1,00 \cdot 10^{-2} + 3,45 \cdot 10^{-8} &= 1,00 \cdot 10^{-2} \\ 1,00 \cdot 10^{-2} / 3,45 \cdot 10^{-8} &= 2,90 \cdot 10^5 \end{aligned}$$

Può essere utile valutare il contributo della ionizzazione dell'acqua rispetto alla ionizzazione di un acido. Consideriamo soluzioni di acido cloridrico; avvengono le reazioni



In soluzione, le concentrazioni sono riportate in tabella 1.

Il peso della ionizzazione dell'acqua incomincia a sentirsi per soluzioni di HCl a concentrazione inferiore di  $1,00 \cdot 10^{-5}$  M. Se l'errore percentuale massimo ammesso è l'1%, si può trascurare il contributo dell'acqua anche nel caso  $C_a = 1,00 \cdot 10^{-6}$  M. Ovvero,

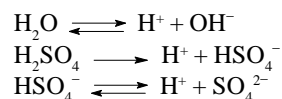
$$[\text{H}^+] = [\text{H}^+]_{\text{HCl}} + [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+]_{\text{HCl}}$$

Quando  $C_a$  è grande,  $[\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$  è piccola, anche perché la dissociazione dell'acqua viene depressa per effetto dello ione a comune. Per valori di  $C_a < 1,00 \cdot 10^{-6}$  M,  $[\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$  diventa relativamente rilevante [16].

5 - Si ricorre al **bilancio di carica** per verificare la correttezza del risultato numerico. Il bilancio di carica si basa sul presupposto che in tutte le soluzioni la somma delle cariche positive è uguale alla somma delle cariche negative. Facciamo degli esempi. Soluzione di acido cloridrico. L'acido cloridrico è completamente ionizzato:

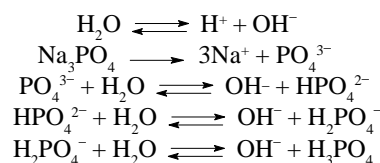
$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-]$$

$[\text{H}^+]$  sono tutti i protoni in soluzione; non esiste la possibilità di distinguere gli  $\text{H}^+$  che provengono dall'acqua da quelli che provengono dall'acido cloridrico. Soluzione di acido solforico: avvengono le reazioni



$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HSO}_4^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}]$$

Si deve mettere 2 davanti a  $[\text{SO}_4^{2-}]$  perché ogni ione  $\text{SO}_4^{2-}$  ha due cariche negative, così il numero di cariche negative è il doppio dei gruppi  $\text{SO}_4^{2-}$ . Se  $C_a$  è la concentrazione molare dell'acido solforico, si ha:  $C_a = [\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$ . Soluzione di fosfato trisodico: avvengono le reazioni



$$[\text{Na}^+] + [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2[\text{HPO}_4^{2-}] + 3[\text{PO}_4^{3-}]$$

Se  $C_s$  è la concentrazione del fosfato trisodico, il bilancio di massa sul P sarà

$$C_s = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{H}_3\text{PO}_4] = [\text{Na}^+]/3$$

Quando appropriato lo studente può valutare il risultato delle reazioni che avvengono: usando il fattore  $D^{(5)}$  (differenza tra il bilancio acido-base all'equilibrio) stabilirà se acido, basico o neutro e potrà ricorrere a dei dia-

grammi per visualizzare e controllare la variazione di diversi fattori, come suggerito da Guenter [17].

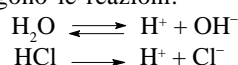
### Alcuni esempi

Vengono riportati degli esempi per illustrare il metodo di calcolo; evidentemente vengono utilizzate condizioni inusuali per mostrare la generalità del metodo. I problemi vengono risolti secondo il metodo Analisi, Sintesi e Verifica (ASV) [18]; altri esempi si possono trovare in articoli reperibili nella letteratura [19].

**Problema 1.** Calcolare il pH di una soluzione  $5,00 \cdot 10^{-8}$  M di acido cloridrico.

1 DFP<sup>(6)</sup>

Avvengono le reazioni:

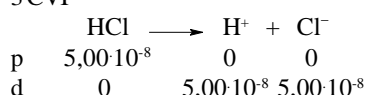


2 SIA<sup>(7)</sup>

Necessariamente, all'equilibrio vale la condizione:

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &> [\text{OH}^-] \\ K_w &= [\text{H}^+][\text{OH}^-] \end{aligned}$$

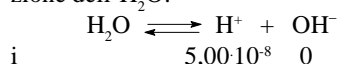
3 CVI<sup>(8)</sup>



dove *p* significa "prima che la reazione avvenga" e *d* significa "dopo che la reazione è avvenuta".

$$[\text{H}^+]_{\text{HCl}} = 5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

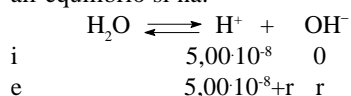
Consideriamo l'equilibrio di ionizzazione dell' $\text{H}_2\text{O}$ :



Ora, utilizzando *Q*, quoziente di reazione, e confrontandolo con  $K_w$ , si stabilisce la direzione verso la quale la reazione avviene:

$$Q = [\text{H}^+]_i \cdot [\text{OH}^-]_i = 0$$

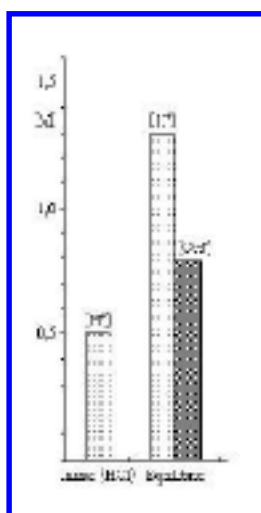
Ci si chiede:  $K_w > Q$ ? Siccome la risposta è SI, la reazione avviene dai reagenti ai prodotti (come indica il segno >). Se *r* mol  $\text{L}^{-1}$  di  $\text{H}_2\text{O}$  si ionizzano, all'equilibrio si ha:



*r* sarà necessariamente compreso nell'intervallo:  $0 < r < 1,00 \cdot 10^{-7}$  M.

$$D = [\text{H}^+]_e - [\text{OH}^-]_e = (5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M} + r \text{ M}) - r \text{ M} = 5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

*D* è positivo in soluzioni acide, negativo in soluzioni basiche e vale zero in soluzioni neutre. Guenter suggerisce di visualizzare ciò che avviene in soluzione utilizzando dei diagrammi:



**Fig. 1.** La ionizzazione dell'acqua risulta depressa per la presenza di HCl; poiché  $D > 0$ , all'equilibrio sarà  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ . (In ordinata, i valori delle concentrazioni sono stati riportati moltiplicati per  $10^7$ ).

$$K_w = 1,00 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2 = (5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M} + r \text{ M})(r \text{ M})$$

$$r = 7,81 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 7,81 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M} + 7,81 \cdot 10^{-8} \text{ M} = 1,28 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 6,893$$

$$\text{pH} = 6,893$$

### VERIFICA

$$[\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] = 1,28 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

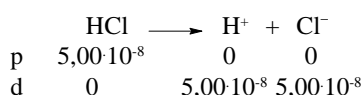
$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2$$

La verifica dimostra allo studente che il risultato è accettabile.

La condizione di equilibrio si stabilisce anche partendo "dall'altra parte".

In acqua pura:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$



Si ha perciò:

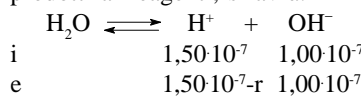
$$[\text{H}^+]_i = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M} + 5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M} = 1,50 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-]_i = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

Avendo indicato con l'indice *i* la condizione di non equilibrio.

$$Q = [\text{H}^+]_i \cdot [\text{OH}^-]_i = 1,50 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2$$

Ci si chiede:  $K_w > Q$ ? Siccome la risposta è NO, la reazione avviene dai prodotti ai reagenti; si avrà:

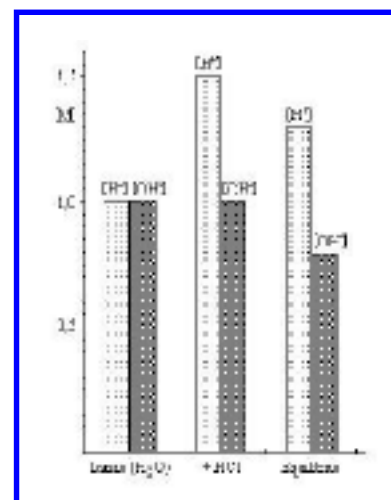


*r* sarà necessariamente compreso nell'intervallo:  $0 < r < 1,00 \cdot 10^{-7}$  M.

$$D = [\text{H}^+]_e - [\text{OH}^-]_e = (1,50 \cdot 10^{-7} \text{ M} - r \text{ M}) - (1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M} + r \text{ M}) = 5,0 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

Ciò che succede in soluzione può essere visualizzato con il seguente

diagramma:



**Fig. 2.** L'equilibrio di ionizzazione dell'acqua risulta turbato per l'aggiunta di HCl. Si può osservare come la differenza tra  $[\text{H}^+]$  e  $[\text{OH}^-]$  dopo l'aggiunta di HCl resta la stessa anche all'equilibrio. (In ordinata, i valori delle concentrazioni sono stati riportati moltiplicati per  $10^7$ ).

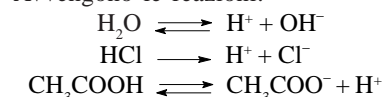
$$K_w = (1,50 \cdot 10^{-7} \text{ M} - r \text{ M})(1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M} - r \text{ M})$$

Si ottiene:  $r = 2,19 \cdot 10^{-8} \text{ M}$ ;  $[\text{OH}^-] = 7,81 \cdot 10^{-8} \text{ M}$ ;  $[\text{H}^+] = 1,28 \cdot 10^{-7} \text{ M}$

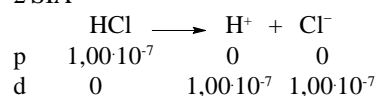
**Problema 2.** Calcolare il pH di una soluzione acquosa che contiene acido cloridrico  $1,00 \cdot 10^{-7}$  M e acido acetico  $1,000 \cdot 10^{-6}$  M.  $K_a = 1,753 \cdot 10^{-5}$  M.

1 DFP<sup>(6)</sup>

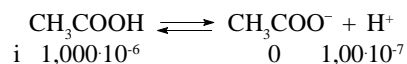
Avvengono le reazioni:



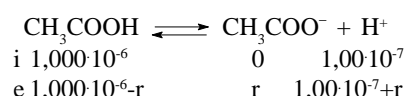
2 SIA<sup>(7)</sup>



$$[\text{H}^+]_{\text{HCl}} = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$



Si calcola *Q*:  $Q = [\text{CH}_3\text{COO}^-]_i [\text{H}^+]_i / [\text{CH}_3\text{COOH}]_i = 0$ ; poiché  $K_a > Q$ , la reazione avviene verso i prodotti. Se *r* mol  $\text{L}^{-1}$  di acido acetico si ionizzano, all'equilibrio si ha:



*r* sarà compreso nell'intervallo

$$0 < r < 1,000 \cdot 10^{-6} \text{ M.}$$

$$K_a [\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]$$

$$3 \text{CVI}^{(8)}$$

$$(1,753 \cdot 10^{-5} \text{ M})(1,000 \cdot 10^{-6} \text{ M} - r \text{ M}) =$$

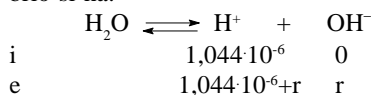
$$= (r \text{ M})(1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M} + r \text{ M})$$

$$r = 9,44 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M} + 9,44 \cdot 10^{-7} \text{ M} =$$

$$= 1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

A questo punto lo studente si chiede se la ionizzazione dell'acqua dal punto di vista quantitativo "pesi". Se  $r$  mol  $\text{L}^{-1}$  di  $\text{H}_2\text{O}$  si ionizzano, all'equilibrio si ha:



Anche in questo caso,  $K_w > Q$ ; perciò  $r$  deve essere compreso nell'intervallo  $0 < r < (K_w)^{1/2}$  M. Ora possiamo combinare le varie informazioni ottenendo:

$$K_w = 1,00 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2 =$$

$$= (1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M} + r \text{ M})(r \text{ M})$$

$$r = [\text{OH}^-] = 9,49 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

Un identico valore si ottiene attraverso un calcolo per approssimazioni successive: gli studenti possono fare l'ipotesi numerica:  $[\text{H}^+] = 1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M} + r \text{ M} = 1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ . Si ottiene così una soluzione approssimata, che chiamiamo  $r_1$ :

$$r_1 = (1,00 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2) / (1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M}) =$$

$$= 9,58 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

Al secondo tentativo abbiamo:

$$r_2 = (1,00 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2) / (1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M} + 9,58 \cdot 10^{-9} \text{ M}) = 9,49 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

Al terzo tentativo abbiamo:

$$r_3 = (1,00 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2) / (1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M} + 9,49 \cdot 10^{-9} \text{ M}) = 9,49 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

Secondo questo metodo si procede iterativamente finché si ottengono due valori consecutivi uguali, tenendo conto delle cifre significative [20].

#### VERIFICA

Valori delle concentrazioni:

$$[\text{OH}^-] = 9,49 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

$$[\text{Cl}^-] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 9,44 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 5,6 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 1,044 \cdot 10^{-6} \text{ M} + 9,49 \cdot 10^{-9} \text{ M} =$$

$$= 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 5,977$$

Bilancio di carica:

$$[\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{Cl}^-] =$$

$$= 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

Controllo della costante  $K_a$ :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}] =$$

$$= 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Il valore della costante  $K_a$  è affetto da errore:

$$E = (0,02 \cdot 10^{-5} / 1,75 \cdot 10^{-5}) \cdot 100 = (2 /$$

$$/ 175) \cdot 100 = 1\%.$$

88

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 9,96 \cdot 10^{-15} \text{ M}^2$$

Il valore del prodotto ionico dell' $\text{H}_2\text{O}$  è affetto da errore:

$$E = (0,04 \cdot 10^{-15} / 1,00 \cdot 10^{-14}) \cdot 100 =$$

$$= (4/996) \cdot 100 = 0,4\%.$$

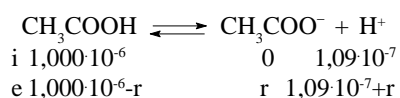
In questo caso, l'errore della verifica è accettabile. Ma cosa si può fare nei casi in cui questo non accade?

In questa prima parte del calcolo, è stata considerata la ionizzazione dell'acido acetico trascurando gli ioni  $\text{H}^+$  provenienti dalla dissociazione dell'acqua. Si possono migliorare i risultati ottenuti facendo una seconda iterazione sull'acido acetico; valutiamo in modo quantitativo come la ionizzazione dell'acqua influisce sulla ionizzazione dell'acido acetico. Si noti come in questo processo sia stata diminuita la complessità concettuale derivante dal trattare allo stesso tempo due equilibri simultanei; si evita così il sovraccarico della memoria di lavoro allo studente non ancora esperto [21]. Prima che l'acido acetico si ionizza, si ha:

$$[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M} + 9,49 \cdot 10^{-9} \text{ M} =$$

$$= 1,09 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

Se  $r$  mol  $\text{L}^{-1}$  di  $\text{CH}_3\text{COOH}$  si ionizzano, si ha:



$r$  sarà ancora compreso nell'intervallo:  $0 < r < 1,000 \cdot 10^{-6}$  M.

$$(1,753 \cdot 10^{-5} \text{ M})(1,000 \cdot 10^{-6} \text{ M} - r \text{ M}) =$$

$$= (r \text{ M})(1,09 \cdot 10^{-7} \text{ M} + r \text{ M})$$

$$r = 9,43 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 1,09 \cdot 10^{-7} \text{ M} + 9,43 \cdot 10^{-7} \text{ M} =$$

$$= 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 9,43 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

Bilancio di carica:

$$[\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{Cl}^-] =$$

$$= 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

Controllo della costante  $K_a$ :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}] =$$

$$= 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

#### Discussione

Da venti anni questo metodo viene utilizzato in un corso di chimica generale per allievi di ingegneria; con questo metodo gli studenti sono in grado anche di risolvere problemi ritenuti difficili. E' da notare che la capacità di eseguire calcoli relativi a problemi sugli equilibri ionici è una abilità importante anche per studenti di ingegneria, in particolare per quanti dovranno occuparsi di problemi dell'ambiente e di difesa del suolo: colleghi responsabili dei corsi di specializzazione richiedono agli studenti la capacità di risolvere problemi

riguardanti l'equilibrio carbonato/bicarbonato. Il metodo qui presentato è di interesse didattico perché ha queste caratteristiche: richiede allo studente la corretta rappresentazione del problema chimico, perciò la conoscenza della teoria; le difficoltà matematiche di calcolo sono ridotte al minimo (risoluzione di equazioni del secondo grado); le approssimazioni sono di natura matematica e vengono fatte sulla base di un criterio numerico; funziona per tutti i valori della concentrazione, indipendentemente dai valori di  $K_a$  e per acidi (o basi) poliprotici si applica indipendentemente dai valori di  $K_i/K_{i+1}$ . In più lo studente, attraverso la verifica, può sempre stabilire se il risultato ottenuto è corretto oppure no. Con questo metodo anche gli studenti meno brillanti vengono coinvolti e interessati al processo problem solving.

#### Note

<sup>(1)</sup>I problemi che gli studenti agli inizi degli studi universitari incontrano nella comprensione della logica delle approssimazioni numeriche sono stati magistralmente descritti da Herron molti anni or sono: J. D. Herron, Piaget in the Classroom. Guidelines for applications, *J. Chem. Ed.*, 1978, 55, p. 167.

<sup>(2)</sup>Queste ricette basate su determinati valori di  $K_a$  e  $C_a$  sono sicuramente incomprensibili allo studente; se proprio si vogliono dare dei criteri numerici, allora e meglio dare dei criteri numerici generali, applicabili a tutti i valori di  $K_a$  e  $C_a$ . F. R. Meeks, When to Approximate, *J. Chem. Educ.*, 1965, 42, 609-610.

<sup>(3)</sup>S. Hawkes mette in guardia circa le responsabilità, non soltanto scientifiche, derivanti dall'applicazione dell'equazione di Henderson-Hasselbach in biologia: S. H. Hawkes, Buffer Calculations Deceive and Obscure, *Chem. Educator*, 1996, 1, S 1430-4171, p. 2.

<sup>(4)</sup>Per una corretta definizione e spiegazione dei termini 'ionizzazione' e 'dissociazione' si veda: C. D. Jonah, Ionization or Dissociation?, *J. Chem. Educ.*, 1998, 75, 1089.

<sup>(5)</sup>Essendo il testo di Guenther di difficile reperibilità, l'approccio suggerito viene inglobato nella risoluzione del problema 1.

<sup>(6)</sup>DFP significa definizione formale del problema;

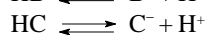
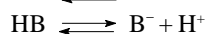
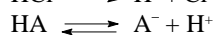
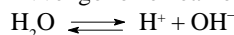
<sup>(7)</sup>SIA sta per selezione di informazioni appropriate;

<sup>(8)</sup>CVI sta per combinazione delle varie

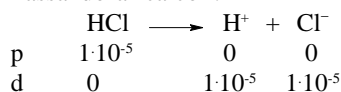
informazioni.

**Nota aggiunta come ulteriore prova**  
Fedeli [22] tra i vari problemi riporta il seguente: Calcolare il pH di una soluzione che contiene HCl  $1 \cdot 10^{-5}$  M, HA  $1 \cdot 10^{-3}$  M ( $K_{a1} = 1 \cdot 10^{-2}$  M), HB  $1 \cdot 10^{-3}$  M ( $K_{a2} = 1 \cdot 10^{-4}$  M), HC  $1 \cdot 10^{-3}$  M ( $K_{a3} = 1 \cdot 10^{-6}$  M).

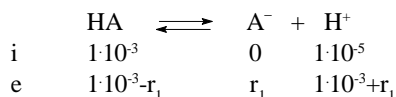
Avvengono le reazioni:



Passando ai calcoli:



Se  $r_1$  mol L<sup>-1</sup> di HA si ionizzano, all'equilibrio si ha:

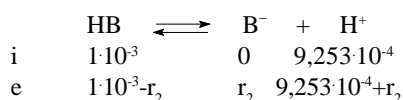


$r_1$  sarà compreso nell'intervallo  $0 < r_1 < 1,00 \cdot 10^{-3}$  M. Si ottiene:  $r_1 = 9,153 \cdot 10^{-4}$  M.

Dopo aver considerato la ionizzazione di HCl e di HA, si ha:

$$[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-5} \text{ M} + 9,153 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 9,253 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Se  $r_2$  mol L<sup>-1</sup> di HB si ionizzano, all'equilibrio si ha:

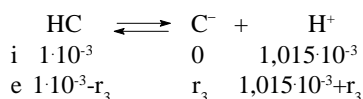


$r_2$  sarà compreso nell'intervallo  $0 < r_2 < 1,00 \cdot 10^{-3}$  M.

Si ottiene:  $r_2 = 8,969 \cdot 10^{-5}$  M.

$$[\text{H}^+] = 9,253 \cdot 10^{-4} \text{ M} + 8,969 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 1,015 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Se  $r_3$  mol L<sup>-1</sup> di HC si ionizzano, all'equilibrio si ha:



$r_3$  sarà compreso nell'intervallo  $0 < r_3 < 1,00 \cdot 10^{-3}$  M. Si ottiene:  $r_3 = 9,833 \cdot 10^{-7}$  M.

$$[\text{H}^+] = 1,015 \cdot 10^{-3} \text{ M} + 9,833 \cdot 10^{-7} \text{ M} = 1,016 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

VERIFICA

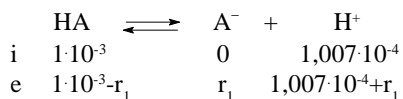
$$[\text{Cl}^-] + [\text{A}^-] + [\text{B}^-] + [\text{C}^-] = 1,016 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$
$$[\text{H}^+][\text{A}^-]/(1 \cdot 10^{-3} - r_1) = 1,098 \cdot 10^{-3} \text{ M};$$

l'errore è 9,8%.

Lo studente si accorge che i risultati ottenuti non soddisfano la verifica su  $K_{a1}$ . Esegue il calcolo della ionizzazione di HA tenendo conto di HCl, di HB e di HC.

$$[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-5} \text{ M} + 8,969 \cdot 10^{-5} \text{ M} + 9,833 \cdot 10^{-7} \text{ M} = 1,007 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Se  $r_1$  mol L<sup>-1</sup> di HA si ionizzano, all'equilibrio si ha:



Ora si ottiene:

$$r_1 = 9,083 \cdot 10^{-4} \text{ M}. [\text{H}^+] = 1,007 \cdot 10^{-4} \text{ M} + 9,083 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 1,009 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

VERIFICA

$$[\text{Cl}^-] + [\text{A}^-] + [\text{B}^-] + [\text{C}^-] = 1,009 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$
$$[\text{H}^+][\text{B}^-]/(1 \cdot 10^{-3} - r_2) = 9,94 \cdot 10^{-5} \text{ M}; \text{ l'errore è } 0,6\%$$

$$[\text{H}^+][\text{C}^-]/(1 \cdot 10^{-3} - r_3) = 9,93 \cdot 10^{-7} \text{ M}; \text{ l'errore è } 0,7\%$$

Il problema è stato risolto in modo corretto: pH = 2,996. Ripetendo i calcoli anche per HB, per HC e tenendo conto della ionizzazione dell'acqua, il risultato sarà coincidente con quanto ottenuto da Fedeli per via numerica. Lo studente che usa il metodo presentato in questo articolo deve ragionare: ma non è forse ciò che ci aspettiamo che gli studenti facciano?

**Bibliografia**

- [1] H. Freiser, Acid-Base Reaction Parameters, *J. Chem. Educ.*, 1970, **47**, 809-811.
- [2] J. N. Butler, An Approach to Complex Equilibrium Problems, *J. Chem. Educ.*, 1961, **38**, 141-143.
- [3] R. H. Petrucci, W. S. Harwood, *Chimica Generale*, Piccin: Padova, 1995, p. 604; S. S. Zumdahl, *Chimica*, Zanichelli: Bologna, 1993, p. 597.
- [4] R. Breschi, A. Massagli, *Stechiometria*, Edizioni ETS: Pisa, 1993, p. 333.
- [5] L. Cardellini, Iterations: a general method for solving ionic equilibrium problems, in C. L. Fogliani (Ed.), *Australian Chemistry Resource Book*, 1996, 15, 162-167.
- [6] L. Cardellini, Calculating  $[\text{H}^+]$ , *Educ. Chem.*, 1996, **33**, 161-164.
- [7] J. O. N. Fernando, Student errors, *Educ. Chem.*, September 1987, 134.
- [8] Equilibri ionici, *La Chimica nella Scuola*, 1996, **XVIII**, 99-100.
- [9] G. L. Brenemann, A General Acid-Base Titration Curve Computer Program, *J. Chem. Educ.*, 1974, **51**,

812-813; L. Cardellini, Il calcolatore programmabile in Chimica, *La Chimica nella Scuola*, 1985, **VII**, 42-43; W. J. Lambert, BUFCALC: A program for the Calculation of Buffers of Specified pH, Ionic Strength, and Buffer Capacity, *J. Chem. Educ.*, 1990, **67**, 150-153; G. L. Brenemann, O. J. Parker, Spreadsheet Titration of Diprotic Acids and Bases, *J. Chem. Educ.*, 1992, **69**, 46-47; E. Weltin, Calculating Equilibrium Concentrations for Stepwise Binding of Ligands and Polyprotic Acid-Base Systems, *J. Chem. Educ.*, 1993, **70**, 568-573; J. E. Kipp, PHCALC: A Computer Program For Acid/base Equilibrium Calculations, *J. Chem. Educ.*, 1994, **71**, 119-121.

[10] I. Mills, T. Cvitas, N. Kallay, K. Homann, K. Kuchitsu, *Quantities, Units, and Symbols in Physical Chemistry*, Blackwell Scientific: London, 1988, p. 54-55; "It is the author's rather forlorn hope that compilers of handbooks and authors of textbooks will someday indicate that the expression  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$  is not a definition and that it may be, in some cases, only a very rough approximation.", D. A. MacInnes, Criticism of a Definition of pH, *Science*, 1948, **108**, 693, enfasi nell'originale.

[11] G. Schmitz, The Uncertainty of pH, *J. Chem. Educ.*, 1994, **71**, 117-118.

[12] S. H. Hawkes, Teaching the Truth about pH, *J. Chem. Educ.*, 1994, **71**, 747-749.

[13] R. G. Bates, *Determination of pH*, Wiley: New York, 1973, p. 69; riportato in ref. [12].

[14] R. A. Robinson, R. H. Stokes, *Electrolyte Solutions*, Butterworths: London, 1955, p. 476; riportato in: P. Lanza, Attività, coefficiente di attività ... Malintesi e luoghi comuni, *La Chimica nella Scuola*, 1999, **XXI**, 3-7.

[15] S. H. Hawkes,  $\text{p}K_w$  Is Almost Never 14.0, *J. Chem. Educ.*, 1995, **72**, 799-802.

[16] A. A. Gordus, Chemical Equilibrium. III. A Few Math Tricks, *J. Chem. Educ.*, 1991, **68**, 291-293.

[17] W. B. Guenther, *Unified equilibrium calculations*, Wiley: New York, 1991, p. 21-24.

[18] L. Cardellini, Il metodo ASV per risolvere i problemi chimici, *La Chimica nella Scuola*, 1984, **VI**, 4-6.

[19] L. Cardellini, Iterations: A general method for solving ionic equilibrium calculations, in C. L. Fogliani (Ed),

*Australian Chemistry Resource Book*, 1996, **15**, 162-167; Equilibri ionici, *La Chimica nella Scuola*, 1996, **XVIII**, 99-100; L. Cardellini, Calculating  $[H^+]$ , *Educ. Chem.*, 1996, **33**, 161-164; L. Cardellini, A note on the use of the Henderson-Hasselbach equation; *Chemeda: Aust. J. Chem. Ed.*, 1997, **47**, 6-10; L. Cardellini, Ionic equilibrium calculations: A problem solving approach, *Chemical Education Research and Practice in Europe (CERAPIE)*, 2000, **1**, 151-160.

Disponibile all'indirizzo: [http://www.uoi.gr/conf\\_sem/cerapie/](http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie/).

[20] L. Cardellini, La soluzione dell'equazione di secondo grado in chimica, *La Chimica nella Scuola*, 1985, **XVII**, 54-57.

[21] J. Pascual-Leone, A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages, *Acta Psychologica*, 1970, **32**, 301-345;

A. H. Johnstone, H. El-Banna, Capacities, demands and processes - a predictive model for science

education, *Educ. Chem.*, 1996, **23**, 80-84; M. Niaz, R. H. Logie, Working Memory, Mental Capacity and Science Education: towards an understanding of the 'working memory overload hypothesis', *Oxford Review of Education*, 1993, **19**, 511-525.

[22] W. A. Fedeli, Calcolo Del pH di Soluzioni Acquose Diluite. Approccio ad una Teoria Generalizzata, *La Chimica nella Scuola*, 1996, **XVIII**, 77-84.

## DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

# La Chimica, l'Area di Progetto e gli Indicatori di Qualità

### Riassunto

*L'Area di Progetto, elemento di novità nella scuola dell'autonomia, costituisce uno spazio didattico trasversale alle discipline, che deriva dalla strategia didattica denominata "metodo per progetti".*

*Molte attività possono rientrare nella definizione di questa area; in ogni caso l'obiettivo fondamentale è di portare gli allievi ad assumere la cultura della progettazione e contemporaneamente fare una esperienza di riunificazione del sapere.*

*La Chimica nell'Area di Progetto non si offre, come molti sono portati a pensare, come disciplina di servizio tecnico-scientifico, bensì come disciplina fondativa di quella unità del sapere che tale area intende perseguire.*

*E' opportuno che la riunificazione del sapere vada realizzata attraverso una rilettura dei curricoli e del ruolo che le discipline possono e debbono avere nella costruzione del successo scolastico e formativo dei giovani. Ciò implica la riscoperta di una dimensione orientativa delle discipline a favore di un approccio alla complessità dei problemi sempre e comunque irriducibile al disciplinarismo positivista; in secondo luogo occorre un dimensionamento dello spazio/*

---

TIZIANO PERA (\*)  
ROSARINA CARPIGNANO (\*)  
DANIELA LANFRANCO (\*)  
GIOVANNA MANASSERO (\*)

---

*tempo di apprendimento secondo valori di partecipazione (lavoro di équipe) e canoni di qualità (indici ed indicatori di processo e prodotto).*

*In questo articolo vengono analizzate le caratteristiche dell'Area di Progetto e vengono proposti degli indicatori per la sua valutazione.*

### LA CHIMICA ovvero il MONDO delle MOLECOLE

Se per "sistema" si intende la parte di Universo che è oggetto della nostra attenzione, ne consegue che si consideri "ambiente" tutto quanto è esterno al sistema: sistema ed ambiente sono in relazione di mutualità nel senso che non esiste sistema se non inserito in un ambiente di riferimento. A ben vedere si tratta della stessa relazione di mutualità che lega il livello molecolare all'ambiente "Chimica". La Chimica si occupa delle molecole, delle relazioni tra le molecole, della "società delle molecole", che nascono (sintesi), vivono (si trasformano) e muoiono (si decompongono) lungo i sentieri dei flussi di energia e materia. Il mondo, la natura, l'universo, la "totalità" (il  $\tau\alpha\ \pi\alpha\nu\tau\alpha$  della filosofia greca) evocano i differenti contorni del "macroscopico" e la Chimica ci chia-

ma allo studio del macroscopico interpretandone il livello molecolare. Essa ci introduce alla esplorazione del "microscopico", alla ricerca della molecolarità dove esistono aspetti statici (strutture), aspetti dinamici (cinetiche), aspetti "sociali" (strutture sovramolecolari, strutture e dinamiche complesse), aspetti estetici (struttura e comportamento, rapporti tra forma, spazio e tempo) e perfino manifestazioni di un "ethos" un tempo insospettabile (autoregolazione dei sistemi molecolari complessi, omopoesi, configurazioni ologrammatiche).

Naturalmente se riuscissimo a penetrare oltre i confini dell'immagine che un fenomeno macroscopico ci offre di sé, potremmo frequentare i suoi differenti piani di definizione e a questi riferire, sia pure con grosse semplificazioni, i nostri filtri disciplinari: la Chimica per discutere del livello molecolare, la Fisica per studiare le forze e le dinamiche dei corpi materiali, la Biologia per affrontare gli ambiti degli organismi e via dicendo. Consapevoli del riduzionismo, potremmo intuire che l'evoluzione agisce su tutti i piani (co-evoluzione) attraverso reti di complessità tra loro interrelate, lungo gli spazi di tempo e ritmo diacronici e sincronici.

Ma che c'entra tutto ciò e in particolare che c'entra la Chimica con l'Area di Progetto?

Come vedremo, l'Area di Progetto propone la riunificazione del sapere riconducendo i fili delle diverse disci-

90 (\*) Gruppo di didattica della Chimica  
Università di Torino  
Corso M. d'Azeglio 48, 10125 Torino  
e-mail: [carpignano@ch.unito.it](mailto:carpignano@ch.unito.it)



pline a riannodarsi su un “attrattore” che si presenta come problema da risolvere o come tema di realtà da affrontare. Qui si svela la mutualità tra Chimica e Area di Progetto: i problemi ed i temi di realtà chiamano il livello delle molecole, senza il quale si rischierebbe lo stesso fallimento di chi pensa di costruire edifici a partire dal tetto, il quale, come è noto, da solo non sta in piedi. Per la riunificazione del sapere, quindi per soddisfare le domande poste da un problema reale, è possibile dar corpo ad un’Area di Progetto alla quale ogni disciplina può dedicare fino al 10% del suo monte-ore. Non è però una questione di tempi quanto di prospettive: nell’Area di Progetto le discipline, compresa quindi la Chimica, si piegano alla strategia didattica denominata “metodo per progetti”. Questa strategia punta alla ricomposizione del reale in modo che gli studenti, a causa delle frammentazioni disciplinari conseguenti al riduzionismo positivista, non cedano alla tentazione di disporre nozioni e concetti, che dovrebbero interrelarsi, in “cassetti di memoria” rigidi e separati, scambiando così le sfaccettature di uno stesso argomento per argomenti diversi.

Dare senso alle cose della didattica e proporre una didattica “alla ricerca di senso” significa misurarsi con le tematiche di realtà come occasioni per quell’*apprendimento attivo* [1] da cui una scuola moderna non può prescindere. Qui dell’idea di progetto non va colto l’aspetto tecnico (quello che gli anglosassoni indicano con il termine *design*), quanto l’attività intenzionale (*project*) che, pianificata attraverso una serie di fasi intermedie misurabili e valutabili (*processo*), è tesa a raggiungere un risultato concreto, collaudabile (*prodotto*), valutabile nel contesto di realtà.

La didattica per progetti offre dunque alle discipline un contesto di definizione differente da quello del loro specifico statuto epistemologico: è come se il diverso “colore” delle discipline venisse posato su una tela ove le linee di sviluppo sono già tracciate in quanto dettate dal problema prescelto e dove l’Area di Progetto si configura come cornice del quadro entro cui si sviluppa l’immagine (il tema).

#### LE CARATTERISTICHE DELL’AREA DI PROGETTO

L’Area di Progetto (AdP) assume

molteplici valenze rispetto alla didattica ed alle finalità formative della scuola; essa infatti per un verso risponde alla necessità di realizzare un progetto, per un altro soddisfa l’obiettivo della multidisciplinarietà, vale a dire la messa in atto di un’area didattica trasversale alle discipline e, per un altro ancora, risponde alla opportunità di modificare il contesto dell’apprendimento così da dar vita ad un processo di emancipazione dell’allievo che viene ad assumere ruoli attivi e inconsueti se paragonati alla canonica divisione del lavoro che la nostra scuola ha riprodotto per anni. In tutti i casi l’AdP mette in atto un *processo* che finirà per determinare una *evoluzione* dei soggetti e dello stesso contesto entro il quale i soggetti vengono ad essere co-protagonisti attivi. L’attività in AdP è di per sé complessa; essa è infatti articolata su più livelli (classi e/o scuole diverse) che, ad un certo momento, entrano in relazione tra loro così da sviluppare molteplici profili di interazione (interazione tra contenuti, concetti, metodi, strutture, emozioni, valori, ecc.).

- avanzare ipotesi di fattibilità;
- assumere decisioni non banali;
- ricercare e selezionare informazioni attinenti e coerenti;
- proporre soluzioni accettabili e giustificabili;
- analizzare ed applicare procedure di calcolo o di altro genere, coerenti con il contesto;
- rappresentare proposte e/o soluzioni accettabili;
- manipolare o realizzare oggetti e/o strumenti funzionali;
- documentare e comunicare in modo intersoggettivo.

Il metodo per progetti non può ammettere che l’attività (dalla fase di progettazione a quella di realizzazione, a quella di elaborazione ed interpretazione dei dati e, infine, di comunicazione dei risultati) sia casuale o disordinata: essa deve invece essere riconoscibile entro una metodologia dichiarata ove siano chiari i compiti da svolgere. Questi elementi di chiarezza devono essere concordati dalla équipe di lavoro (docenti, studenti, esperti, eventuale committente esterno) che, dotatasi di un “responsabile

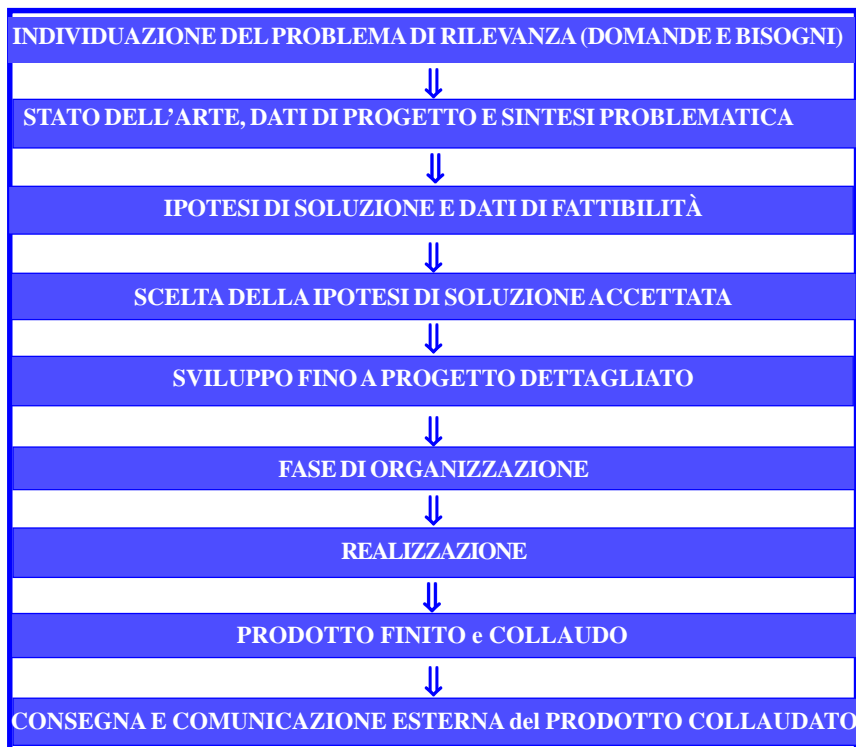


Fig. 1 Flow-chart della programmazione in area di progetto

In figura 1 è riportato il flow-chart della programmazione in AdP: esso presuppone che gli allievi compiano operazioni, anche inconsuete, non sempre riconducibili all’applicazione di metodi già prestabiliti, quali:  
- individuare e circoscrivere il problema oggetto di studio;

di progetto”, pianificherà tempi, metodi, ruoli.

Nello stesso tempo il metodo per progetti necessita di *far fronte all’imprevisto* che è prevedibilmente sempre presente, in forma indeterminata ed in misura spesso imponderabile, qualsiasi sia il contesto reale entro il qua-

le si operi.

Durante il lavoro nell'area di progetto lo studente deve essere portato a scoprire e ad acquisire autonomamente alcune conoscenze nuove mentre il compito del responsabile di progetto deve essere assolto in sintonia con precise regole di comportamento, alcune delle quali possono essere sintetizzate come segue:

- il compito non deve essere imposto ai componenti della équipe (allievi, docenti, esperti), ma va con loro concordato;

- l'affidamento del compito dovrebbe avere i caratteri di una vera e propria "committenza", avanzata possibilmente da un Ente esterno alla scuola;

- i docenti e gli esperti non debbono assumere un atteggiamento prescrittivo, quanto piuttosto quello di "guida metodologica" e/o di "assistenza tecnico-conoscitiva" (tutoraggio);

- il compito concordato con la committenza ed accettato dalla équipe deve essere assolto collettivamente, riportando cioè a sintesi collettiva i sottoprogetti eventualmente affrontati da gruppi di una stessa classe, da classi di una stessa scuola o di scuole diverse o di livello diverso di scolarità;

- l'équipe di lavoro deve essere riconosciuta ufficialmente dagli Organi di governo scolastico (Presidenza, Collegio Docenti) che ne costituiranno punto di riferimento formale ed ufficiale; in particolare, il Consiglio di classe deve essere coinvolto sia in fase di assunzione di responsabilità che in fase di attuazione.

### **LA STRUTTURA CURRICOLARE DELL'AREA DI PROGETTO**

L'AdP è per sua natura fuori dalle discipline ed assume le caratteristiche di *multidisciplinarietà* (o, anche se meno probabilmente, di *interdisciplinarietà*), con durata ragionevole ma ben definita e con caratteristiche di *flessibilità e complessità* (relazione contemporanea tra molteplici variabili e molteplici protagonisti).

Dire che i progetti debbono essere multidisciplinari non significa pretendere che tutte le discipline debbano esserne necessariamente implicate; significa invece che tutti i docenti del Consiglio di classe debbono farsene carico (come docenti responsabili o come tutors o come fiancheggiatori che mettono a disposizione le proprie ore e la propria presenza in termini di sola assistenza).

Molte attività possono rientrare nella definizione di Area di Progetto: ciò che conta, coerentemente con le molteplici valenze dell'area, è che l'attività in questione porti allievi e docenti ad assumere la "cultura della progettazione" e, contemporaneamente, a "ricomporre il sapere". Per dare un'idea concreta di quanto stiamo dicendo riportiamo come esempio alcune tipologie di progetti:

- *realizzazione di un manufatto o di una trasformazione materiale*

- *realizzazione di una trasformazione di comportamenti sociali e/o professionali*

- *realizzazione di un'indagine*

- *definizione di una procedura e/o di una organizzazione*

- *produzione di una comunicazione (di tipo innovativo e comunque complesso, basata su testi articolati, audiovisivi e sistemi multimediali o software).*

L'AdP può essere realizzata a vari livelli di scolarità: nella scuola media inferiore, nel biennio e nel triennio della scuola secondaria superiore; tuttavia nulla vieta, ed anzi in certi casi (progetti riguardanti indagini formative) è auspicabile, che l'équipe di lavoro coinvolga differenti ordini di scuole.

### **IL TEMPO E LE DISCIPLINE nell'AREA DI PROGETTO**

Il tetto massimo temporale che può essere dedicato alla realizzazione dell'AdP è prefissato (entro il 10% del monte-ore annuale) e tuttavia è il Consiglio di classe che deve decidere come distribuire le varie attività: se estensivamente o intensivamente. Si suggerisce qui di optare, per svariate ragioni, per una realizzazione concentrata in una o due fasi temporali (divise in termini di fase di progettazione e fase di realizzazione).

Il tempo dell'AdP è sottratto alla normale trattazione delle discipline che assumono quindi una connotazione formativa diversa dal consueto. In linea di principio ne vengono coinvolte maggiormente quelle più direttamente implicate in termini di contenuti ed abilità specifiche, però se ne debbono far carico, quanto meno in termini di disponibilità oraria, anche le altre.

Occorre stabilire una chiara distinzione tra AdP e discipline onde evitare che essa invada il curriculum. Certo le discipline possono tenere conto delle esigenze del progetto dando ad esempio maggiore enfasi ad alcuni temi; tut-

tavia ciò non può distorcere né rendere troppo specialistico o troppo finalizzato il programma disciplinare.

Alcune discipline, per loro natura e in relazione al tema prescelto per l'AdP, sono chiamate a fornire metodi e strumenti specifici (conoscenze, concetti); esse però non debbono in alcun modo diventare riferimento esclusivo, pena la contraddizione stessa del principio di AdP come riunificazione della parcellizzazione del sapere.

### **LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE NELL'AREA DI PROGETTO: INDICATORI E INDICI**

La valutazione dell'AdP prevede due piani: quello interno al sistema formativo (valutazione diacronica sulla base di griglie o schede di osservazione-misurazione relative a comportamenti cognitivi e non cognitivi dei protagonisti del progetto; valutazione interna del prodotto finito) e quello esterno al sistema formativo (valutazione da parte della committenza). Ci occuperemo qui della valutazione interna.

Per misurare qualcosa occorre una *unità di misura*, che sia riconoscibile, riconosciuta e condivisa, ed uno *strumento di misura*, che deve essere semplice, reperibile e avere associate delle caratteristiche di "capacità" (limite massimo entro il quale può funzionare come strumento di misurazione) e di "sensibilità" (limite minimo raggiungibile operativamente). Come unità di misura in un processo educativo si può assumere il *cambiamento*; gli strumenti di misura sono generalmente costituiti da griglie di osservazione semplici da redigere e da utilizzare (in aula, in laboratorio, sul campo, nelle occasioni di confronto con la eventuale committenza, nel lavoro di gruppo e/o di équipe).

Per valutare un processo è necessario disporre di almeno due misurazioni sommative: una pregressa, che precede l'intervento didattico-formativo ed una conclusiva dell'area di progetto. La valutazione è l'esito della operazione di comparazione tra queste due (o più) misurazioni, alla luce degli obiettivi previsti. Tuttavia i metodi usuali di valutazione, spesso applicati al solo livello di evoluzione cognitiva, non sono immediatamente trasferibili né facili da praticarsi nel caso dei processi educativi che implicano anche evoluzioni profonde e radicali cambiamenti di comportamen-

to. In altri termini, l'area di progetto si configura come un autentico "ambiente educativo", per il quale è possibile ed opportuno riferirsi ad "indicatori di qualità" [2]. E' lo stesso Ministero della Pubblica Istruzione che suggerisce il ricorso ad "indicatori di qualità" (flessibilità, integrazione, responsabilità) da utilizzarsi nella elaborazione dei Piani per l'Offerta Formativa (POF) [3].

Un gruppo di ricercatori, allo scopo di rendere praticabile la necessaria valutazione di processo nel campo dell'educazione ambientale, ha lavorato per un certo tempo presso l'ISFOL di Roma e, successivamente, presso il CEDE di Frascati per mettere a punto i cosiddetti "indicatori di educazione ambientale" [4,5,6], dai quali è possibile anche per noi trarre spunto dopo averne chiarito il significato.

In generale un indicatore è ciò che fornisce delle informazioni circa l'efficacia di un processo: quando il progetto abbia ben visibili al suo interno questi indicatori, è possibile misurare un prima ed un poi e dunque esprimere una valutazione di processo (senza contare che poi esiste anche la valutazione da parte dell'extrascuolastico, ad es. quella espressa dal committente).

Per effettuare misurazioni che permettano di avventurarsi nelle valutazioni si mettono in gioco gli *indici*.

Per chiarire la differenza tra i termini prendiamo a prestito una questione che riguarda la Termodinamica ed in particolare il primo principio che, come si sa, rende conto della conservazione dell'energia. Ogni sistema è dotato di una specifica *energia interna* che in quanto interna è incorporata nel sistema e dunque non è direttamente visibile né direttamente misurabile. In sostanza il primo principio della termodinamica sostiene che la variazione dell'energia interna di un sistema è pari alla somma algebrica del calore e del lavoro, che si manifestano nel corso della trasformazione. Calore e lavoro non sono dunque due "forme" di energia (come si legge troppo spesso sui testi scolastici), bensì due manifestazioni del fatto che, in virtù della trasformazione del sistema, vi è stata una variazione della sua energia interna. Calore e lavoro sono le "tracce" che ci consentono di risalire al fatto: e cioè che vi è stata una trasformazione e dunque che l'energia interna del sistema è cambiata passando da un valore iniziale ad uno finale diverso dal primo. Calore e lavoro sono *in-*

*dicatori*, nel senso che ci indicano l'esistenza di un processo che ci rimanda alla variazione della energia interna del sistema (anche se non solo a questo).

E però per misurare calore e lavoro, e cioè gli indicatori termodinamici, noi ricorriamo a delle grandezze variabili e misurabili quali la pressione, il volume, la temperatura. Occupandoci più precisamente del calore, dovremmo aver ben chiaro il fatto che la temperatura non è omologa al calore: la temperatura è un *indice* attraverso il quale possiamo risalire al cambiamento (al  $\Delta t$ ) e da qui, indirettamente, alla quantità di calore legata al processo. Misurare la temperatura non significa dunque misurare la quantità di calore (che dipende dalla massa e dalla capacità termica che è caratteristica del sistema) se non in modo indiretto. Però la temperatura rappresenta il *livello termico* del calore e ne sancisce la *qualità relativa*.

Noi "vediamo" il calore (e/o il lavoro), deduciamo che è in corso una trasformazione del sistema e che questo sta modificando la sua energia interna; è poi un fatto che anche l'ambiente verrà influenzato dalla trasformazione del sistema ed anche qui si aprirebbe un'importante riflessione circa la relazione che lega sistema ed ambiente, soggetto ed oggetto, identità ed appartenenza, nel contesto delle relazioni molteplici e delle organizzazioni complesse. Il calore è **INDICATORE** di una variazione di energia e la temperatura è un **INDICE** utile alla misura, seppur indiretta, del calore scambiato.

Gli indicatori dunque costituiscono le "tracce" del processo educativo, cioè della trasformazione educativa (coevoluzione) che ci interessa.

Sulla scorta di una approfondita riflessione scaturita dall'analisi di moltissime aree di progetto realizzate nel nostro Paese, abbiamo identificato una serie di indicatori che ci paiono specificamente funzionali all'AdP. Tralasciando qui la questione degli indici, che è legata ai molti possibili approcci didattici, ci soffermiamo sugli indicatori e, nel tentativo di mettere in risalto il loro spessore teorico, ne articoliamo qui di seguito la differente tipologia.

#### **Rapporti Scuola Territorio**

Si tratta di un indicatore che può manifestarsi a due livelli (indici): al livello della indagine sul campo e/o in

termini di relazioni con l'extrascuola (Enti Pubblici e/o privati, scuole di pari e/o diverso livello, Enti di ricerca, Enti di promozione e/o gestione del territorio, cittadini, associazioni, ecc.). La presenza o l'assenza di questo "rapporto" rende testimonianza dell'atteggiamento con il quale l'équipe ha affrontato o desidera affrontare la relazione con la propria alterità. Esempificazioni possono essere trovate in letteratura [4]. Certo è che la Chimica nell'AdP non può rimanere chiusa nel solo contesto scolastico: la scuola è un sistema aperto alle relazioni con l'ambiente esterno e la Chimica costituisce un mediatore formidabile di integrazione tra i due ambiti di apprendimento.

#### **Trasversalità**

Secondo alcuni si configurerebbe come un indice dell'indicatore cambiamento e però noi riteniamo che possa invece assumere esso stesso il ruolo di indicatore in virtù della specificità che lo caratterizza, ben illustrata dai suoi indici. Gli indici della trasversalità sono infatti la transdisciplinarietà (cioè la messa in atto di relazioni tra molteplici discipline, relazioni mutate dal contesto della ricerca e dell'azione in atto), la multitemporalità (ritmi e tempi differenti lungo l'asse sincronico), multisoggettività (la trasversalità è coerente con l'appartenenza all'équipe di lavoro), la multievoluzione (meglio sarebbe parlare di "co-evoluzione") ed infine l'alterità (intesa nella relazione con l'ambiente "altro" da noi, singolare o collettivo che sia). La Chimica in AdP non può che sviluppare le sue propensioni trasversali che la portano in contatto con le altre aree del sapere scientifico e tecnologico.

#### **Ricerca Insieme**

Il "lavoro insieme" costituisce un vero e proprio punto di partenza per l'AdP. La scelta di lavorare in équipe testimonia infatti dell'apertura al rapporto con l'alterità che ci è omologa (uomo-uomo o soggetto collettivo con soggetto collettivo). L'équipe spiazza le sicurezze dei ruoli: il docente non ha il pieno controllo dei processi perché egli ne fa parte da attore coprotagonista; l'allievo non può né accontentarsi né sopportare un rapporto passivo; l'esperto non può rapportarsi superficialmente alla realtà che lo ospita e verso la quale è ospite. L'équipe ove si sviluppa la "ricer-

ca insieme” mette in gioco fattori basilari quali la flessibilità, la capacità di decidere, esplorare, sperimentare, esperire, assumere ruoli diversi, coevolvere (tutti indici dell’indicatore in oggetto), che si mettono in atto entro un contesto di appartenenza che offre spazi di emancipazione alle singole identità. In un certo senso l’*équipe* è il banco di prova della nostra stessa coevoluzione. Ma “*ricerca insieme*” significa anche innovazione del contratto formativo ove gli interessati alla transazione non sono necessariamente solo gli allievi ed il docente. Si pensi ad esempio ad esperienze ove sia previsto un rapporto di committenza (più probabile nella scuola superiore ma non per questo realizzabile solo in questo contesto) ove lo stesso committente venga coinvolto nella *équipe*: ne trarrebbe vantaggio la dinamica relazionale, quella progettuale e perfino quella strettamente legata al prodotto, le cui specifiche ed il cui collaudo sarebbero frutto di una condivisione in altri casi altamente improbabile. La Chimica in AdP esalta le potenzialità della ricerca insieme: essa invoca il ricorso a linguaggi intersoggettivi, a protocolli condivisi ed alla necessità di richiamarsi al livello interpretativo molecolare che si presenta su tutta la gamma dei possibili piani di lettura del reale.

### Qualità dinamiche

Per qualità dinamiche si intende una serie di capacità: di assumere atteggiamenti autonomi, di manifestare comportamenti consapevoli, di esprimere volontà, di voler scegliere e di saper scegliere. Queste stesse capacità costituiscono difatti gli indici dell’indicatore in esame. A queste si affiancano le cosiddette *capacità statiche* che sono rappresentate dalla capacità di ascolto, di attenzione, di percezione. E’ chiaro che tra le prime e le seconde sussiste tutta una gamma di mutue relazioni e che dunque l’emergere di una qualsiasi di queste è traccia di un cambiamento rispetto ad una situazione iniziale considerata come “bianco” di riferimento. Queste capacità si possono manifestare nell’*équipe* (docenti, studenti, esperti, collaboratori), nel sistema (tra le variabili chimiche, biologiche, storiche ecc.), nel tempo (tempo chimico, tempo biologico, tempo storico ecc.), nella azione contemporanea (dei soggetti, degli oggetti, del sistema) e nella coevoluzione (di tutti

i protagonisti della relazione).

Sul piano formativo questo indicatore si manifesta soprattutto nel passaggio dei soggetti, per scelta consapevole, dalla passività all’attività, ma anche nel trasferire la propria attenzione dalla conoscenza, pur importante, al sapere come conoscenza “incorpata” e dunque connaturata al comportamento [7]. Da questo punto di vista il discorso si può sviluppare su vari piani e livelli. Per restare al concreto è necessario chiarire che mediante schede o altri strumenti di rilevazione [8] ( filmati, ecc.) è possibile portare alla luce le eventuali capacità dinamiche del soggetto e/o dell’oggetto a patto che se ne indossino gli occhiali adatti. Per svelare le capacità dinamiche è necessario averne sentore e dunque è preliminare una sorta di autocoscienza o di predisposizione, che è frutto di esperienza pregressa. A questo riguardo ci si può riferire ad una serie di qualificate ricerche[9]. Parlare di qualità dinamiche per la Chimica in AdP suona come una vera e propria tautologia.

### Lavoro sul campo

E’ una testimonianza della apertura al rapporto con la realtà eterologa, vale a dire con l’alterità meno prossima a noi. Costituisce probabilmente una condizione necessaria, anche se non sufficiente, perché si parli di processo educativo [10] . Come si vede, si tratta di una affermazione forte, prescrittiva. La ragione di questa determinazione sta nella convinzione che l’impatto con la realtà di un ambiente “altro” da sé (o dal proprio) predisponga o amplifichi atteggiamenti pre-educativi, ma assai importanti sul piano della affettività e dunque della motivazione. Il lavoro sul campo favorisce quello spiazzamento che fa uscire dalle sicurezze precostruite o pregiudiziali. Nel lavoro sul campo il soggetto, individuale o collettivo che sia, non si declina più in termini di “cose da fare” (con tutto il corollario di ruoli, mansioni e funzioni) quanto piuttosto in termini di nuovo scenario entro il quale le cose “possono essere fatte”, i ruoli assunti, le mansioni e le funzioni distribuite. In questo nuovo orizzonte c’è senza dubbio lo spazio per il piacere ed il gusto, elementi fondamentali per muoversi nella direzione del sapere. Il lavoro sul campo costituisce una occasione per promuovere una etica non come morale prescrittiva ma

come emergenza di una auto-organizzazione di valori e cognizioni tali da determinare un comportamento che nasce dentro noi stessi. Infine il lavoro sul campo, a prescindere dagli aspetti strettamente organizzativi, che pure sono frutto di scelte responsabili e dunque di per sé legate alle capacità dinamiche, rende possibile la consapevolezza dell’incontro con l’alterità: possiamo “ascoltare” le molteplici lingue dell’ambiente che ci parlano di cose nuove ed in modo nuovo. L’ascolto è parte delle cosiddette capacità statiche e tuttavia, a testimonianza di come sono flessibili i confini dei nostri modelli, alimenta un sentirsi parte che si traduce in comportamento attivo e dinamico, differente rispetto al pregresso. Il lavoro sul campo consente di “vivere la Chimica” nella Natura riconoscendone il livello macroscopico ed interpretandolo al livello microscopico, quello delle molecole.

### Cambiamento

Prima di entrare nel merito dell’indicatore in sé, è utile chiarire la differenza tra *mutamento* e *cambiamento*, che non risponde solo ad una questione di etimi. Mutamento è un termine utilizzato prevalentemente in ambito sociologico per indicare un processo di trasformazione di carattere strutturale (economico, sociale, scientifico, ambientale) che decentra le identità e le spiazza. Ogni mutamento, anche semplicemente di contesto, ha inevitabilmente una ricaduta complessiva di tipo culturale. Il cambiamento va inteso allora come la risposta adattativa al mutamento da parte delle identità, che ricercano così un nuovo equilibrio.

Il cambiamento riguarda dunque gli atteggiamenti delle identità, cioè dei componenti l’*équipe* e dunque dei soggetti individuali o collettivi che vi sono coinvolti, in risposta alle situazioni che mutano. Ogni incontro determina la nascita di un nuovo tempo, che è quello della Storia comune (quella del processo): la Storia è infatti il luogo privilegiato e, nello stesso tempo, la testimonianza prima del mutamento e delle trasformazioni materiali, ma è anche il teatro dei cambiamenti.

Cambiare comporta però fatica, poiché necessita che vengano vinte le inerzie, le resistenze e le allergie di ordine psicologico che sempre si manifestano nei casi di decentramento dall’equilibrio. In altre parole, il cambiamento

comporta la messa in atto del conflitto, che però in questo caso non ha un significato negativo ma rappresenta una manifestazione della relazione con l'alterità che sempre spiazza e sempre conflige. Il conflitto non va esorcizzato né rimosso acriticamente: va metabolizzato così da gestirlo in maniera non violenta e creativa. In assenza di questo approccio regolatore il conflitto rientra nella dimensione tradizionale di minaccia, salto nel vuoto, piuttosto che essere, come dovrebbe e potrebbe, uno stimolo per ridefinirci, riscoprirci nell'ambiente "altro". Non si dimentichi che anche il termine *adattamento* non ha qui significato riduttivo (circa lo stemperarsi dell'identità) quanto piuttosto evolutivo (proprio della relazione reciproca uomo-alterità).

Con queste premesse è possibile offrire una chiave di lettura dell'indicatore *cambiamento*, articolata su due piani: quello *interno* al sistema équipe e quello *esterno* a questa e relativo all'ambiente entro il quale ci si muove. In tutti i casi il cambiamento per così dire interno è rilevabile in termini di indici: conoscenze, abilità, comportamenti, atteggiamenti.

Su questi stessi piani si può anche indurre un cambiamento esterno all'équipe. Tuttavia per cambiamento esterno dobbiamo anche intendere qualsiasi modificazione culturale o strutturale che, frutto diretto o indiretto dell'azione educativa, si configuri come vero e proprio mutamento.

Chimica ed AdP sono totalmente coerenti con l'indicatore *cambiamento* perché questo, evidentemente, ne costituisce fattore ontologico. Per rendersene conto, basta rileggere questo stesso paragrafo riferendolo alla Chimica in AdP oppure, in senso più stretto, ai processi chimici come manifestazioni di cambiamento che può avvenire solo dopo che il sistema ha superato la soglia dell'energia di attivazione.

### **Flessibilità**

Progetti rigidi negli obiettivi e nelle strategie non si confanno all'AdP poiché quando le posizioni fossero cristallizzate non potrebbero svilupparsi né le capacità dinamiche, né la valorizzazione delle differenze in un contesto di condivisione e nemmeno la capacità di accogliere l'imprevedibilità che sempre si manifesta nei contesti complessi. I progetti di AdP sono predestinati a modificarsi in itinere e ciò non ne sminuisce il rigore. Gli in-

dici della flessibilità sono i seguenti: previsione dell'imprevedibilità, obiettivi che siano coerenti ad un contesto mutevole, strategie che siano coerenti con il contesto mutevole, mutazione di contesto, adattabilità: non sono essi stessi *indici* del sapere chimico?

### **Organizzazione**

Ogni processo necessita delle parti dedicate alla "ricerca e sviluppo" in funzione dei risultati possibili sul piano del processo e del prodotto (efficienza ed efficacia). D'altra parte se l'AdP costituisce l'attrattore per i mille fili delle discipline che si riannodano nell'ordito della realtà, è chiaro che essa si configura attraverso una organizzazione complessa. Docenti, studenti ed esperti danno luogo ad una rete di relazioni che presenta una quantità di incroci tra linearità biunivoche e triangolazioni possibili. Una équipe di lavoro necessita di organizzazione e spesso, anche dopo essersene dotata, ne modifica lo statuto interno (auto-organizzazione). Tutto ciò a fronte degli imprevisti che la realtà propone come veri e propri spiazzamenti che impongono riposizionamenti.

E' chiaro che l'organizzazione è funzionale alla coevoluzione dei protagonisti dell'équipe e si connette con la flessibilità. E' facile riconoscere tutto ciò entro le maglie della cultura chimica.

### **LA DOCUMENTAZIONE nell'AREA DI PROGETTO**

E' fondamentale che il progetto svolto venga adeguatamente documentato per alimentare una memoria storica da mettere in rete, che conferisca rispetto e riconoscibilità al lavoro profuso e, contemporaneamente, che consenta analisi critiche, ulteriori messe a punto, scambi di comunicazione e riproducibilità eventuale. Come si vede, si tratta di connotati che risultano comuni sia all'AdP che alla ricerca chimica.

### **LA CHIMICA NELL'AREA DI PROGETTO**

Per tutto quanto abbiamo cercato di argomentare fin qui è dunque chiaro che la Chimica nell'AdP può assumere un ruolo decisivo. Essa offre inoltre contributi suoi propri nell'analisi di un qualsiasi sistema complesso (ambiente, prodotto, strumento, ecc.) a vari livelli:

- al livello della sua struttura primaria costitutiva (molecolare)

- al livello delle sue relazioni con l'ambiente esterno (aspetti che riguardano la conservazione della massa e dell'energia)

- al livello delle sue relazioni con altre discipline

- al livello delle sue tecniche d'indagine del mondo.

Questi contributi possono essere considerati alla stregua di *direttrici* che, messe in rete nell'area tematica prescelta, consentono di rendere testimonianza non solo della portata culturale della disciplina (in termini generali e/o di indirizzo a carattere pre-professionale), ma anche della sua potente carica orientante.

Se orientamento significa "ambientamento" e se l'area di progetto di per sé costituisce l'ambiente forse privilegiato della riunificazione del sapere, la Chimica in tale area offre a detto sapere la rete di relazioni tra il livello macroscopico delle trasformazioni e quello microscopico dei modelli che ne consentono una interpretazione non solo fenomenologica.

Inoltre studiando la complessità, cioè le trasformazioni, che rappresentano l'evoluzione delle variabili chimiche nel tempo, la Chimica offre alla riunificazione del sapere relativo ad un certo sistema il senso della sua storia.

La Chimica nell'AdP non si offre quindi, come molti sono portati a pensare, come disciplina di servizio tecnico-scientifico, bensì come disciplina fondativa di quella unità del sapere che tale area intende perseguire.

### **BIBLIOGRAFIA E NOTE**

- [1] J. Dewey, *How we think*, Heat, Boston, 1910
- [2] A. Visalberghi, Indicatori educativi: cosa sono e a cosa possono servire, *La Ricerca*, 15 ottobre 1989, Loescher, Torino
- [3] Lettera circolare M.P.I. n. 194 del 4 Agosto 1999 (Prot. N. 165/AUT)
- [4] AA.VV., *Educazione Ambientale: gli indicatori di qualità*, I.S.F.O.L., F. Angeli Ed., Milano, 1991
- [5] Una scuola per l'ambiente: risultati di una ricerca promossa dall'O.C.S.E. a cura di M. Mayer in "I quaderni di Villa Falconieri" CEDE, 1989
- [6] *Una provincia per l'educazione ambientale*, a cura di T. Pera, Ed. Scholé Futuro, Torino, 1997
- [7] F. Varela, *Un know how per l'etica*, Laterza, Bari, 1992
- [8] J. Helliott, A. Giordan, C. Scurati, in *La ricerca-azione*, a cura di G. Pozzo e L. Zappi, Bollati Boringhieri, Torino, 1993
- [9] AAVV., *ENSI-Environment and school initiatives*, in Serie di quaderni sugli "studi di caso", CEDE, 1995
- [10] M. Mayer, Gli indicatori minuto per minuto, in ISFOL, op. cit.

## Quale concetto di acido e base nella parte terminale dell'obbligo scolastico?

### INTRODUZIONE

Nella proposta di curricolo per l'insegnamento della Chimica preparato dalla commissione della SCI/DD, in base a considerazioni di tipo psicopedagogiche da un lato e storico-epistemologiche dall'altro, è stato scelto di privilegiare nel biennio terminale dell'obbligo la chimica classica [1]. In questa fase è delicato il passaggio dal processo di apprendimento di metodi di indagine (osservare, confrontare, classificare, misurare, generalizzare...) senza specificità disciplinare della scuola di base, alla loro identificazione negli ambiti disciplinari veri e propri.

Si passa in sostanza dallo studio di problemi "affrontabili" facilmente dai bambini, in quanto legati a fenomenologie su cui si possono fare ipotesi e proporre soluzioni verificabili sperimentalmente, a problemi così complessi che hanno avuto bisogno di millenni di storia solo per emergere alla coscienza. La loro soluzione ha costituito quell'insieme di conoscenze che chiamiamo **nuclei concettuali fondanti** delle discipline. La comprensione dei nuclei fondanti richiede un approccio graduale di costruzione di significati. Nei diversi livelli scolari verranno quindi affrontati in maniera diversa, con varie articolazioni.

Alla luce di queste considerazioni, l'analisi dei nuclei fondanti della chimica utilizzati nell'insegnamento ha portato all'identificazione dei **nuclei fondanti dell'apprendimento**. [2]

Li elenchiamo:

- 1) La natura dei corpi materiali
- 2) le trasformazioni della materia
- 3) massa e trasformazioni della materia
- 4) composizione delle sostanze
- 5) atomi e molecole
- 6) relazione tra proprietà e strutture delle molecole
- 7) energia nelle sostanze e nelle reazioni

ELEONORA AQUILINI (\*)

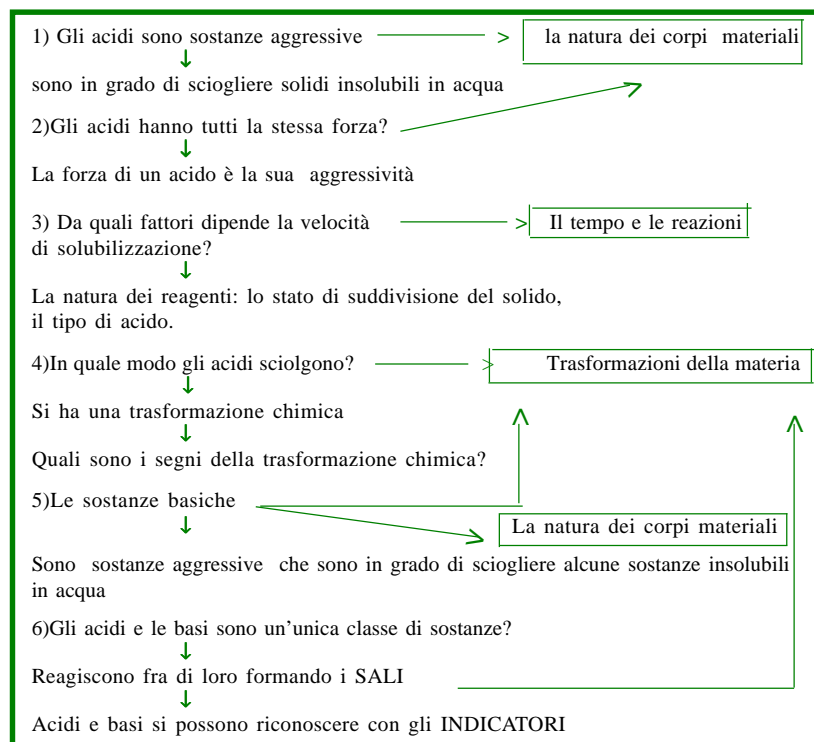
8) tempo e reazioni

Pensiamo che i concetti di **acido e base** siano ideali per costruire, in uno sviluppo verticale del curricolo, alcuni di questi nuclei fondanti. La proposta prevede un'articolazione di questi temi realizzabile nel passaggio dalla scuola di base al biennio della scuola media superiore, focalizzata sul tema centrale delle **trasformazioni chimiche**. La distinzione fra trasformazione chimica e trasformazione fisica, viene utilizzata in questo lavoro a scopo didattico. [3]

Pensiamo che la definizione operativa di acido, base e sale, costituisca la base per costruire, significati sempre più generali di questi concetti come quelli contenuti nelle teorie di Lavoisier e Arrhenius, Broensted e Lewis.

### 3. LE TRE CLASSI FONDAMENTALI DI SOSTANZE: GLI ACIDI, LE

#### 2. Schema del percorso sulla natura degli acidi e delle basi e collegamenti con i nuclei fondanti



### BASI, I SALI.

#### DEFINIZIONE OPERATIVA

Il percorso riguardante gli acidi, le basi e i sali è stato ideato in seguito ad alcune riflessioni riguardanti le conoscenze di senso comune relative a tali classi di composti [4]. Il loro comportamento nei riguardi della solubilizzazione permette di sviluppare un lavoro particolarmente efficace su un concetto ostico: quello di trasformazione chimica.

Bambini di 12-13 anni e molti adulti di solito conoscono il termine acido, mentre ignorano il termine base; intendono per sale quello da cucina. Sicuramente per le basi e i sali non si ha la consapevolezza che costituiscano una classe di sostanze [5].

Per gli acidi è presente anche l'idea che siano *sostanze corrosive*.

Le definizioni di acido e base oggi accettate, e che portano dentro significati sempre più generali di conoscenza, non hanno significato per bambini che non possiedono neppure i concetti fondamentali di tipo macroscopico. Si tratta allora di parti-

96 (\*) Gruppo di ricerca e sperimentazione didattica in educazione scientifica del CIDI di Firenze

re dal concetto spontaneo di acido, associato all'aggressività, legare a questo il concetto di base, e poi capire "come" acidi e basi agiscono quando riescono a solubilizzare molte sostanze solide insolubili in acqua. Inizialmente si osserva il comportamento del marmo in pezzi e in polvere con l'acido cloridrico diluito e concentrato. Si nota quindi che l'effervescenza è legata alla solubilizzazione e la velocità del discioglimento dipende dalla concentrazione, dal tipo di acido, dalla pezzatura del solido. Riflettendo sulle osservazioni schematizzate in tabella 1, si avrà una prima concettualizzazione su temi "importanti" per la chimica, quali la velocità di reazione e la forza degli acidi e delle basi

Successivamente è importante osser-

sione di tipo epistemologico che, se il percorso viene svolto all'inizio del biennio della scuola media superiore, può essere fatta insieme agli alunni, avendo presente che quando Galileo ha introdotto lo studio della natura con un metodo che prevedeva *l'isolamento della parte rispetto al tutto* è nata la scienza moderna. A questo proposito ci resta utile riprendere il pensiero di Bontempelli: "La rivoluzione scientifica cinquecentesca ha rappresentato un formidabile salto in avanti nello sviluppo dei procedimenti razionali proprio perché ha ridefinito gli oggetti teorici attraverso nettissime astrazioni dai significati dell'esperienza comune. Inoltre ogni riduzione e maggiore separazione di un oggetto teorico accresce la sua efficacia come strumento di previsione e quindi di azione..... Nel-

altri oggetti, tanto più risultano prevedibili e riproducibili determinati suoi effetti particolari." [6].

Con il discioglimento dell'ossido di rame e la colorazione verde osservata, si evidenzia il fatto che il cambiamento di colore è un possibile segno della trasformazione chimica, che rischia altrimenti di essere associata solo all'effervescenza.

Si ha poi una seconda fase in cui si ha una prima acquisizione di tipo scientifico: si comprende il modo diverso rispetto all'acqua con cui gli acidi "sciogliono". Il termine "sciogliere" viene usato per continuità con il senso comune, poi quando si capirà che è la nuova sostanza prodotta per interazione fra l'acido e la sostanza insolubile, ad essere solubile in acqua, allora si introdurranno le parole giuste.

Si dirà che si è avuta una **reazione** quando si comprenderà che la sostanza che si recupera è diversa da quella di partenza; si dirà che l'acido cloridrico **reagisce** con il carbonato di calcio e che si forma una sostanza che ha comportamento diverso con l'acqua: è **solubile**. Si useranno i termini appropriati quando si saranno costruiti i relativi significati.

Sperimentando questo percorso con ragazzi della prima classe di Istituti Tecnici ci si rende conto che la parola **reazione** è conosciuta e che viene usata per indicare che è successo qualcosa, che c'è stato un *contatto* fra sostanze che ha prodotto una diversità (effervescenza, cambiamento di colore, ...) ma non c'è nessuna consapevolezza della **trasformazione**. Se infatti, si chiede, sempre nel caso dell'acido cloridrico e del carbonato di calcio, "che fine ha fatto il carbonato di calcio?" gli alunni rispondono con sicurezza che è in soluzione e che si può recuperare facendo evaporare la parte liquida. Solo provando a recuperare il carbonato di calcio nel modo

TABELLA 1

	Effervescenza	Solubilizzazione	Liquido incolore/ colorato	Velocità
Carbonato di calcio in polvere + acqua				
Carbonato di calcio in polvere +acqua + acido cloridrico				
Carbonato di calcio in pezzi +acqua +acido cloridrico				
Carbonato di calcio in polvere + aceto				
Carbonato di calcio in pezzi + aceto				

vare il comportamento con l'acido cloridrico di altre sostanze insolubili in acqua (tabella 2). E' opportuno in questo caso utilizzare un solo acido di riferimento.

Questo per due motivi:

1) il modo scientifico di procedere per studiare i fattori che si ritiene influenzino un certo fenomeno è l'"isolamento" di uno di essi, controllando le altre variabili in gioco;

2) se gli alunni fossero in grado di valutare l'azione combinata di più variabili nell'analisi dei fenomeni, avrebbero una conoscenza già specialistica della disciplina.

Il primo punto comporta una rifles-

la scienza ciò è ancora più vero: quanto più un oggetto teorico è ritagliato dal suo sfondo, e quanto più sono isolate le sue singole relazioni con gli

TABELLA 2

	Effervescenza	Solubilizzazione	Liquido colorato/ incolore	Velocità
Ferro + acido cloridrico				
Rame +acido cloridrico				
Ossido di rame + acido cloridrico				
Alluminio +acido cloridrico in pezzi				
Alluminio + acido cloridrico in pallina				

da loro indicato, e facendo la prova della solubilità in acqua, si capisce con stupore che quella sostanza bianca non è carbonato di calcio. Per la caratterizzazione delle basi come sostanze aggressive si opera in maniera analoga agli acidi:

TABELLA 3

	Effervescenza	Solubilizzazione	Liquido colorato/ incolore	Velocità
Soda caustica + alluminio				
Potassa caustica + Alluminio				
Soda caustica +Ferro				
Soda caustica +calcare				

Anche le basi, come gli acidi, “sciogliono” sostanze che non vengono sciolte in acqua; spesso attaccano sostanze che non vengono aggredite dagli acidi. Si osserva, anche con le basi, effervescenza e cambiamento di colore.

Gli acidi e le basi possono essere distinti con indicatori naturali (tè, estratto alcolico di fiori colorati..) che possiamo “fabbricarci” da soli o trovare già pronti come la cartina tornasole. Acidi e basi perdono la loro originaria aggressività combinandosi fra di loro e formando i sali.

Quasi tutti gli alunni pensano che invece, unendo un acido con una base si ottenga un liquido “superpotente” in grado di “sciogliere” tutto.

E’ con molta diffidenza e timore che toccano e assaggiano il prodotto della miscelazione di acido cloridrico e idrossido di sodio, recuperato come solido con l’evaporazione. Fantastica è la faccia incredula degli alunni che con coraggio hanno appena assaggiato il sale...; è piena di meraviglia perché... quella cosa lì...ottenuta in laboratorio, è...sale da cucina, cioè proprio “il sale”.

Il recupero del cloruro di sodio è essenziale perché se nell’analisi del liquido ottenuto dal mescolamento dell’acido e della base ci si ferma alla prova che verifica la perdita di aggressività (aggiungendo carbonato di calcio che rimane quindi indisciolto o alluminio che reagisce sia con gli acidi che con le basi), agli alunni resta l’idea che “l’acido cloridrico e la soda caustica unendosi si annullano” e questa formulazione verbale per al-

cuni significa che “si annullano le due aggressività” per altri significa “scomparsa delle due sostanze”. Le parole, il racconto che può fare l’insegnante di ciò che avviene in soluzione, difficilmente servono per cambiare l’idea che tutte le sostanze sia-

no svanite nel nulla.

Le acquisizioni connesse al concetto di trasformazione chimica in questa prima fase sono sostanzialmente due:

- 1) quando si ha una trasformazione chimica, si ottengono sostanze con proprietà diverse da quelle di partenza e quindi sostanze diverse,
- 2) la trasformazione è dovuta ad un’interazione fra almeno due sostanze e la **trasformazione è un atto di reciprocità**.

Riguardo al primo punto, se non avviene il recupero del sale, gli alunni restano ancorati al pensiero magico della scomparsa, dell’annullamento, associato al gioco di prestigio. Questo modo fantastico di ragionare, oltre ad essere legato all’età e attraente di per sé (la speranza che una bacchetta magica possa cambiare le cose non ci abbandona mai), ha radici nella storia del pensiero chimico. Gli scritti degli alchimisti infatti hanno come argomento la comparsa e la scomparsa, la creazione e la rivelazione. Inoltre nell’alchimia non c’è l’idea di **trasformazione chimica** ma quella di **trasmutazione**. Il ragionamento che molti ragazzi fanno è di tipo “alchemico” anche dopo aver verificato che la sostanza che si ottiene è diversa da quella di partenza, proprio nel senso che concettualizzano la trasformazione come trasmutazione. Vengo quindi al secondo punto per spiegarmi meglio: alcuni alunni scrivono: “il carbonato di calcio è diventato cloruro di calcio”: Chiedendo chiarimenti sul significato di questa affermazione risulta evidente che non

è stato compreso il fatto che anche l’acido cloridrico si è trasformato. Il fatto che il cloruro di calcio contiene parte dell’acido cloridrico, è difficile da immaginare a questo stadio, considerando anche che il nome del composto è un’etichetta, non dà la storia della sostanza che si scioglie in acqua. Sembra che l’idea che hanno questi ragazzi sia che il carbonato di calcio si trasforma in cloruro di calcio *grazie* alla presenza dell’acido cloridrico che perde sì la sua aggressività ma **non** diventa “**altro**”. Gli alunni dicono: “l’acido cloridrico *consuma* il carbonato di calcio”. Il consumarsi del carbonato viene accompagnato dalla perdita di aggressività dell’acido (“perde la potenza” dicono), ma questo non significa perdita d’identità. In una visione animistica delle cose, l’acido è come un pugile che ha combattuto: è sfinito, ha esaurito le sue forze, è stanco ma ancora un pugile, non qualcosa di diverso. Torniamo all’Alchimia per comprendere le modalità di funzionamento del pensiero dei nostri alunni in questa circostanza. Scopo fondamentale degli alchimisti era la produzione della *Pietra Filosofale*, conosciuta anche come *Elisir o Tintura* per trasmutazione del metallo vile in oro [7]. La trasmutazione è trasformazione di una sostanza in qualcosa di “altro” provocata da un “agente” non da un “reagente”, non una trasformazione che provoca un cambiamento reciproco. Per evitare che gli alunni restino ancorati alla concezione primitiva di trasmutazione si deve porre l’accento sul fatto che, ad esempio nella formazione del “sale”, la soda caustica e l’acido cloridrico quando **si neutralizzano** perdono **entrambe** l’aggressività, **si trasformano** in cloruro di sodio che possiamo recuperare per evaporazione della parte liquida. Quest’ultima non è aggressiva, è *come* l’acqua. **Deve essere evidenziato quindi che le sostanze di partenza devono essere almeno due e che entrambe si trasformano.**

Ritengo che la definizione operativa di acido, base e sale, realizzabile con questo percorso, svolto con attenzione, ponendo l’accento sui punti chiave che sono stati evidenziati, costituisca la base per un’acquisizione “adulta” e quindi formalizzata di questi concetti. Mi sembra illuminante quanto scritto da Dewey a proposito della necessità di dare concretezza alle parole, di associare all’idea un



fatto, in modo da ridurre la “vaghezza” dei concetti o delle idee.

*“Le parole possono isolare e conservare un significato solo allorché esso è stato in precedenza implicato nei nostri contatti diretti con le cose. Tentare di dare un significato tramite la parola soltanto, senza una qualsiasi relazione con la cosa, significa privare la parola di ogni significazione intellegibile...”*

*....Inoltre vi è la tendenza ad ammettere che ovunque vi sia una definita parola o forma linguistica, vi sia anche un'idea definita; mentre in realtà sia gli adulti che i fanciulli possono adoperare formule verbalmente precise, avendo solo la più vaga e confusa idea di ciò che esse significano. E' più proficua la genuina ignoranza perché è facilmente accompagnata da umiltà, curiosità ed apertura mentale; mentre l'abilità a ripetere frasi fatte, termini convenzionali, proposizioni familiari crea la presunzione del sapere e spalma la mente di una vernice impenetrabile alle nuove idee”[8].*

#### **4 ACIDI, BASI E SALI E LA CHIMICA DEL '700: riflessioni per un possibile sviluppo didattico.**

Il concetto di acido come sostanza fenomenale capace di portare in soluzione sostanze insolubili in acqua, era già stato elaborato nel Medioevo e giunto così fino a Lavoisier. La prima fase del processo alchemico stesso consisteva nel sottoporre la “Materia Prima”, generalmente di origine metallica, a distruzione con il fuoco o con qualche apposito preparato di natura acida [7]. Nel 1600 era già acquisita la generalizzazione importantis-

sima che gli acidi e le basi sono più semplici dei sali. Si tentò anche di dare una spiegazione meccanicistica del fenomeno della neutralizzazione. Lemery ad esempio immaginava che le particelle degli acidi fossero a punta e quelle delle basi porose; la neutralizzazione consisteva quindi nella penetrazione degli acidi, come spilli, nelle particelle basiche porose. Questa spiegazione che oggi consideriamo ingenua e che ci fa sorridere ha importanza anche perché è un tentativo di dare una spiegazione microscopica dei fenomeni macroscopici è questo è molto moderno. Per Lavoisier la gerarchia compositiva degli acidi, basi e sali era quanto c'era da salvare dell'opera dei suoi predecessori. Il grande scienziato ottenne anche acidi studiando il ruolo dell'aria nella combustione, elaborò una propria teoria della loro composizione, considerandoli portatori di un principio comune responsabile dell'acidità [9].

Gli studi sugli acidi contribuirono operativamente alla formulazione di elemento chimico. Nella combustione del fosforo, questo brucia perché assorbe “aria” e si trasforma in acido, quindi gli acidi sono **composti** rispetto ai principi di partenza e sono quindi questi ultimi **“gli elementi”**. La ricostruzione di questa parte dell'opera di Lavoisier è sviluppabile nel biennio della scuola media superiore [10] dopo la definizione operativa di acido e base e crediamo sia di fondamentale importanza per la conoscenza della chimica classica. Pensiamo quindi che la definizione operativa di acido, base e sale, costituisca la base per costruire, significati sempre più generali di questi con-

cetti come quelli contenuti nelle teorie di Lavoisier e Arrhenius. Nel triennio della scuola media superiore sarà possibile introdurre le definizioni di Lewis e Broensted.

#### **Bibliografia**

- [1] E. Aquilini, F. Carasso, C. Duranti, M.V. Massidda, F. Olmi “Proposta di sviluppo del curricolo chimico segmento del biennio secondario superiore di fine obbligo”, *CnS- La Chimica nella scuola*, **XXII**, 2, 58 (2000)
- [2] F.Olmi, C. Fiorentini, M.V. Massidda, P. Riani. “Per la definizione di un curricolo di Educazione scientifica generale e, in particolare di chimica”. In corso di pubblicazione-, Firenze, La Nuova Italia.
- [3] P.Mirone. Considerazioni sul concetto di reazione chimica, *CnS-La Chimica nella scuola*, **XX**, 2, 49(1998)
- [4] C.Fiorentini, “La Prima Chimica”, Franco Angeli, Milano,1990, p.117-135.
- [5] C.Fiorentini, La correttezza scientifica: conoscenza di termini o conoscenza concettuale. Un esempio: gli acidi, *Insegnare*, **2**, 62 (1999).
- [6] M. Bontempelli, “La conoscenza del bene e del male”, Editrice C.R.T, Pistoia, p.116-117.
- [7] C. Gilchrist, “ L'Alchimia una scienza segreta”, Xenia, Milano,1993, p.7-12.
- [8] J. Dewey, “Come pensiamo”, La Nuova Italia, Firenze, 1994, p.333.
- [9] A.Lavoisier, “Considerations générales sur la nature des acides, in Oeuvres de Lavoisier, Tome II, Imprimerie Imperiale, Paris, 1862, p.259.
- [10] C.Fiorentini “Dispense di Chimica per la Scuola Media Superiore”, disponibili presso il CIDI di Firenze.

**Libri  
in Redazione**

**Carmine Rubino, Italo Venzaghi,  
Renato Cozzi.**

STECHIO & LAB- Le basi dell'analisi chimica-Stechiometria Vol. 1; Principi e metodologie Vol. 2.

Zanichelli Editore- Bologna (2001).  
Vol.1 pp 296 + Vol.2 pp 211 £ 48.500



## Le Pile a combustibile: una storia genovese

Ho avuto occasione di parlare di pile a combustibile, dopo la traduzione dell'articolo di H. Colell e B. Cook, con il Prof. Sandro Doldi, già conosciuto dai lettori di CnS per i suoi scritti che rievocano le tappe importanti della evoluzione del pensiero chimico e delle sue applicazioni in campo industriale nell'Italia del '900.

Il discorso è "scivolato" su di una interessante e curiosa "avventura" scientifica e tecnologica che ha avuto per protagonista un medico genovese interessato agli studi naturalistici, tipica figura di "scienziato" dell'800. Agostino Carosio (1810-1882), affascinato dagli studi di Grove sulle pile a gas, tentò di realizzare, cosa non molto rara nel secolo scorso, un "perpetuum mobile" di prima specie di natura elettrochimica, basato sulla decomposizione elettrolitica dell'acqua effettuata allo scopo di ottenere idrogeno e ossigeno da ricombinare in una pila a gas del tipo studiato da Grove.

L'idea gli venne non dalla lettura delle memorie originali di Grove, il quale indicava in dieci elementi di pila il numero di celle necessarie per produrre l'energia sufficiente per decomporre volumi di idrogeno e ossigeno utili ad alimentare una unità di cella a gas, ma purtroppo da un resoconto della ricerca redatto in francese da De la Rive, ripreso in seguito da Pouillet, il quale scriveva:

"...lorsque la pile est exclusivement à décomposer l'eau, les volumes de gaz recueillis dans le voltamètre, sont exactement égaux à la somme des volumes de gaz qui disparaissent dans les cloches. Ainsi, pendant son action, l'appareil dont il s'agit recompose une quantité d'eau précisément égale à celle qu'il décompose"

Le risultanze di Grove erano invece tali per cui, dopo avere migliorato al massimo le rese dei processi coinvolti, poté eseguire l'elettrolisi dell'ac-

RAFFAELE PENTIMALLI (\*)

qua acidulata con 10 "pairs" (coppie di elettrodi) ciascuno dei quali dava una f.e.m. di circa 0,2V. In questo modo verificò che il volume di gas consumato in ogni "pair" era uguale a quello prodotto nel sistema complessivo era 10 volte tanto.

Fu errore di stampa ( dix, deux) o di traduzione (ten, two)? Sta di fatto che Carosio si lanciò in una impresa impossibile convinto di poter non solo produrre i gas necessari con l'impiego della energia prodotta ma addirittura di ricavarne energia giocando sulla decompressione dei gas prodotti in forma compressa. La sua invenzione, la "pila idrodinamica", si sarebbe dovuta basare su di un ciclo energetico che comprendeva:

- produzione di elettricità da idrogeno ed ossigeno per mezzo di pile a gas
- produzione di idrogeno e di ossigeno compressi mediante elettrolisi sotto pressione di acqua acidulata per mezzo della corrente prodotta dalle pile a gas
- espansione dei gas in due motori alternativi allo scopo di produrre energia motrice
- reimpiego dei gas espansi per produrre altra corrente ed acqua

Dopo una fase di avvio consistente in un pieno di gas, l'apparecchio avrebbe dovuto produrre, per un tempo illimitato, forza motrice ad un prezzo irrisorio.

Per sfruttare questa sua idea Carosio costituì una Società con un capitale sociale di 2 milioni nella quale investirono molti maggiorenti genovesi dell'epoca, e si recò a Parigi e Londra per brevettare il suo apparecchio. Nell'avventura fu coinvolto anche il giovane W. Siemens, fratello minore di Werner, contitolare della "Siemens & Halske".

Gli sforzi di miglioramento delle "pile a gas" di Grove che la società realizzò

consentirono di costruire pile 15 volte più potenti di quella dell'inglese e in seguito fino a 77 volte più potenti. Il Siemens riuscì a ridurre da dieci a quattro gli elementi necessari per produrre il gas consumato in un elemento ma la produzione era molto lenta: in dodici ore si raccoglievano solo 2 centimetri cubici di idrogeno. Gli studi dimostrarono l'importanza di aumentare la superficie di contatto tra le fasi, portando a sostituire gli elettrodi di platino iniziali con altri costruiti in materiale poroso, il carbone platinato. Altro prezioso contributo fu l'impiego di elettrodi tubolari che ebbero grande rilevanza per il successivo sviluppo di queste celle.

La società di Carosio, come era prevedibile date le errate premesse su cui si basava la sua azione, fu sciolta non appena su alcuni giornali cominciarono a comparire scritti che mettevano in dubbio l'attendibilità della "Invenzione di Carosio". Risulta che nei primi mesi del 1856 lagnanze fossero state presentate al Ministro delle Finanze contro la Società dell'invenzione di Carosio. Fu nominata una commissione di esperti che, per voce di S. Cannizzaro, diede lettura il 13 marzo 1859 della relazione davanti alla "Società degli architetti ed ingegneri civili" di Genova. Tale relazione mirava a scagionare il Carosio scaricando le responsabilità sul Siemens. Cinque mesi dopo l'assemblea della Società decise lo scioglimento. Al fallimento dell'impresa scientifica di Carosio probabilmente contribuì anche il nuovo interesse del Siemens per le "macchine a vapore rigenerativo" che gli procurò, dopo alterne vicende, una certa fama nell'Europa della seconda metà dell'ottocento.

Nonostante le deludenti conseguenze economiche, gli sforzi di Carosio diedero, dal punto di vista scientifico-tecnologico, un sostanzioso contributo allo sviluppo delle celle a combustibile. Si è accennato alla porosità degli elettrodi e alla loro forma. Solo nel 1923 però A. Schmid riceveva un brevetto per elettrodi costruiti con

sostanze porose del tutto simili a quelli mesi a punto dal Siemens in collaborazione con Carosio, probabilmente dimenticati nel frattempo. Rispetto ai mezzi scientifici di cui si sono potuti avvalere coloro che negli ultimi sessanta anni hanno studiato e perfezionato le celle a combustibile Carosio e Siemens dimostrarono

una abilità non comune. Essi ebbero per primi consapevolezza dell'importanza degli elettrodi nella progettazione delle pile e si sforzarono di sviluppare idee per produrre idrogeno e ossigeno a buon mercato.

#### Bibliografia

1) S.Doldi : "Primo tentativo di impie-

go pratico delle pile a combustibile " *L'elettrotecnica* **LXXIII**, 12, 1083-1093 (1986)

2) S. Doldi : " Agostino Carosio e la sua "invenzione" - *La Berio* (bollettino di informazioni bibliografiche della biblioteca comunale di Genova), **XXVII**, 1, 35-59 (1987)

## Recensioni

**Francis L. Macrina**

*Scientific Integrity* 2<sup>nd</sup> edition, ASM Press, Washington D.C., 2000  
pp. xxi+338, broccura



Dal punto di vista etico, l'attività scientifica, come altre attività umane, può venire esercitata in modo più o meno corretto. La manifestazione più evidente di un comportamento eticamente scorretto è la cosiddetta "frode scientifica", che si ottiene falsificando i risultati di un esperimento, inventandoli di sana pianta, oppure trascurando quelli che potrebbero contraddire la teoria che si vorrebbe proporre. Purtroppo, pare che le frodi scientifiche siano nate con la scienza stessa. A tal proposito, esistono documenti che, addirittura, attribuiscono anche a grandi scienziati del passato come Tolomeo, Newton, Galilei, Mendel, Dalton e Millikan, comportamenti criticabili secondo gli standard odierni. Naturalmente, le valutazioni etiche non riguardano

soltanto la veridicità dei risultati, ma si estendono ai rapporti fra gli scienziati, a quelli fra il maestro e gli allievi, al rapporto con le istituzioni che finanziano e governano la ricerca, alla tipologia e al fine degli esperimenti. Gli ultimi due aspetti sono oggi di enorme importanza, specialmente nel campo delle ricerche biomediche. Non vi è quindi da stupirsi se, in questo suo libro, Francis Macrina, Direttore di un importante Istituto di Ricerca americano che opera nel campo della biologia molecolare, dedica ben tre capitoli agli aspetti etici delle ricerche biomediche. In particolare, essi riguardano l'impiego degli esseri umani e degli animali nelle sperimentazioni, nonché la tecnologia genetica. Nonostante questa predominanza di argomenti ed esempi biomedici, il libro di Macrina è sicuramente utile anche ai ricercatori che operano nel campo delle scienze fisiche, chimiche e naturali in genere. La sua pubblicazione da parte dell'American Society for Microbiology (ASM), testimonia l'attenzione che un'importante comunità scientifica dedica allo spinoso argomento del comportamento degli scienziati. Va detto che negli U.S.A. l'interesse per questa materia si è ormai saldamente formalizzato, anche a livello governativo. Risale infatti al 1981 l'istituzione di una Commissione incaricata di indagare sulle frodi perpetrate nel campo della ricerca biomedica. Successivamente, nel gennaio 1990, tale tipo di controllo è stato esteso agli altri campi della ricerca scientifica. Un riflesso di questa preoccupazione e una sua logica conseguenza, è stata la raccomandazione della National Academy of Sciences di inserire, nei programmi accademici, alcuni elementi formativi per una condotta responsabile nel campo della ricerca. A ruota di questa raccomandazione sono stati pubblicati articoli concernenti l'etica scientifica

anche su riviste di didattica chimica (*J. Chem. Ed.*) e sono state compilate dispense utili all'insegnamento. In Italia, purtroppo, molto resta da fare. Nel campo della saggistica, fra le lodevoli eccezioni, si segnala il bel libro di Federico Di Trocchio "Le Bugie della Scienza" pubblicato negli Oscar Mondadori nel 1993.

Per questo motivo, la pubblicazione di questa nuova edizione dell'opera di Macrina, va salutata con favore. Essa potrebbe contribuire a diffondere, anche nei nostri ambienti scolastici ed accademici, una sensibilità adeguata all'importanza del problema, fornendo mezzi concreti per un insegnamento efficace. Il libro possiede i requisiti necessari allo scopo. Esso è organizzato in undici capitoli e cinque appendici. I primi due capitoli affrontano argomenti di tipo generale, negli altri, oltre a quanto già descritto, si parla nell'ordine di: formazione dello scienziato (relazione maestro-allievo), pubblicazioni, conflitto d'interessi, collaborazioni, proprietà intellettuale e registrazione dei dati sperimentali. Va sottolineata la concretezza della trattazione che, molto opportunamente, trova un ottimo completamento in casi-studio esposti alla fine dei capitoli, adatti ad una sorta di esercitazione pratica. L'A. non si esprime in modo generico o vago, ma riconduce continuamente il lettore alla pratica professionale, evitando di infastidirlo o annoiarlo con l'enunciazione di regole meramente teoriche. Anche le appendici sono utili, con esempi di protocolli operativi e documenti con cui il ricercatore è tenuto a confrontarsi nella sua quotidiana attività. La bibliografia è ricca e ben scelta, comprensiva dell'indicazione di siti web utili all'approfondimento. Il limite del libro, come si è detto, è la prevalenza di esempi presi dall'area biomedica. Questo però va anche ad

continua a pag. 106

## Misura del passo di un reticolo di riflessione: Un esperimento semplice ed economico che utilizza un laser pointer e un CD

### Abstract

A Compact Disk (CD) behaves as a reflection grating and can be used as a diffraction grating in the construction of a simple spectrometer.

In this paper we show that the pitch of this grating can be easily measured by impinging on the CD surface with a monochromatic and coherent laser light.

The measure of pitch that we have obtained is  $1,62 \cdot 10^{-3}$  or  $1,63 \cdot 10^{-3}$  nm, very close to the expected value of  $1,6 \cdot 10^{-3}$  nm. The experiment is easy to carry out and it can be used as an introductory experiment to spectroscopy.

### Riassunto

Un Compact Disk (CD) si comporta come un reticolo di riflessione e può essere usato per la costruzione di un semplice spettrometro. In questo lavoro mostriamo che il passo di questo reticolo può essere misurato facilmente indirizzando il raggio monocromatico e coerente di un fascio laser sulla superficie del CD. La misura del passo che otteniamo è  $1,62 \cdot 10^{-3}$  o di  $1,63 \cdot 10^{-3}$  nm da confrontare con il valore atteso che è di  $1,6 \cdot 10^{-3}$  nm. L'esperimento che proponiamo è semplice, economico, utilizza materiale facilmente reperibile in un laboratorio e può essere condotto nel corso di Analisi Chimica o in quello di Chimica Fisica del quarto anno di un Istituto Tecnico Industriale ad indirizzo chimico.

(\*) Scuola di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario, SSIS Sardegna, sezione dell'Università di Sassari.

(\*) Dipartimento di Chimica, Università di Sassari, Via Vienna 2, 07100 Sassari  
e-mail: [branca@ssmain.uniss.it](mailto:branca@ssmain.uniss.it)

(\*) I.T.I. "G. M. Angioy", via Principessa Mafalda, 07100 Sassari

MARIO BRANCA (\*)  
ROSSANA QUIDACCIOLU (†)

### Introduzione

I reticoli di diffrazione sono strumenti ottici che disperdono la luce. Per tale ragione sono utilizzati nella spettroscopia come elementi costitutivi dei monocromatori. Alcuni articoli recentemente comparsi su Chemical Education hanno mostrato che un Compact Disk (CD) può essere usato come un reticolo di diffrazione nella costruzione di un semplice spettroscopio [1,2]. Che un CD possa comportarsi come un reticolo a riflessione può essere dedotto dal fatto che la luce naturale riflessa dal CD appare iridescente in quanto viene scomposta nelle sue componenti.

I reticoli a riflessione sono fatti con specchi la cui superficie ben pulita è solcata da un grandissimo numero di tratti paralleli ed equidistanti. I tratti speculari agiscono per riflessione come agiscono le fenditure nei reticoli di diffrazione trasparenti.

Il passo di questo reticolo può essere facilmente misurato illuminando la superficie del CD con la luce coerente e monocromatica di un laser. È infatti possibile conoscendo la lunghezza d'onda del laser risalire alla distanza delle righe del reticolo, o conoscendo il passo del reticolo risalire alla lunghezza d'onda del laser.

L'esperimento che proponiamo, ha valenza di introduzione alla spettroscopia ma soprattutto consente di ritrovare in oggetti di uso quotidiano i fenomeni studiati nei corsi di fisica e può essere un utile stimolo per studenti che normalmente sentono estranea la conoscenza acquisita sui libri

di testo. Questo semplice esperimento è economico, utilizza strumenti di facile reperibilità in un laboratorio didattico e permette agli studenti di comprendere meglio il funzionamento di un reticolo di diffrazione.

L'insegnamento dell'Analisi Chimica, previsto dai nuovi programmi dell'Indirizzo Chimico negli Istituti Tecnici Industriali, richiede un'attenta integrazione tra teoria e pratica. Il corso è destinato all'acquisizione di tutti i principali metodi dell'analisi chimica. Poiché tali metodi si basano su proprietà fisiche della materia, il corso presuppone la conoscenza della Chimica Generale, della Fisica e della Chimica Fisica. Obiettivo fondamentale di questo insegnamento è quello di condurre l'allievo ad una buona conoscenza generale del principio di funzionamento e dell'impiego dello strumento analitico, valutando appieno gli aspetti relativi al problema delle misure.

In quest'ottica potrebbe essere didatticamente interessante inserire nella programmazione del corso di analisi chimica della classe quarta, all'interno di un'unità didattica sui metodi ottici di assorbimento, un'esercitazione pratica di misura del passo di un reticolo.

Per poter comprendere pienamente l'esperimento riteniamo fondamentale che vengano richiamati i seguenti concetti: radiazione elettromagnetica, riflessione, rifrazione, diffrazione, interferenza, coerenza, sorgente laser, relazioni trigonometriche nei triangoli. L'esecuzione dell'esperimento richiede solo pochi minuti, pertanto quattro ore sono più che sufficienti per l'integrazione dei requisiti e la discussione dell'esperimento.

Si ritiene inoltre opportuno eseguire l'esperimento nel modo più semplice, con il laser orientato perpendicolar-

mente al piano del CD.

Inserimento in un'area di progetto  
L'esperimento può entrare a far parte di un'area di progetto per la costruzione di uno spettrofotometro di basso costo. Il progetto, che è basato su di una proposta didattica comparsa su Journal of Chemical Education [1,2], è da condurre in una classe quarta dell'Indirizzo Chimico di un Istituto Tecnico Industriale.

### Aspetti teorici

In figura 1 è stato schematizzato il funzionamento di un reticolo di riflessione che nel nostro caso è il Compact Disk. AB e CD sono i tratti riflettenti, mentre i tratti BC e DE sono i solchi. Il periodo  $AB+BC=d$  è il passo ed è costante in tutto il reticolo[3].

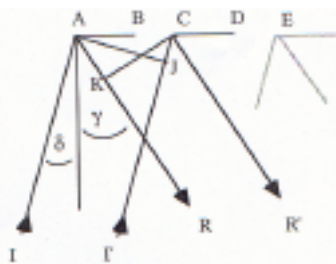


Fig.1

Se IA, IC etc sono i raggi incidenti paralleli che formano un angolo  $\delta$  con la normale al piano, si osserveranno ad un angolo  $\gamma$  i raggi di diffrazione AR, CR' etc.

Se AJ è la normale a CI' e CK la normale a AR, la differenza del cammino di due raggi diffratti adiacenti vale  $AK-CJ=d \sin \gamma - d \sin \delta$ . Se essa è uguale a un numero intero di lunghezza d'onda  $\lambda$  della luce usata osserveremo nella direzione AR, CR' un massimo di intensità luminosa.

Ovvero affinché in una determinata direzione compaia un massimo di intensità luminosa deve succedere che

$$d (\sin \gamma - \sin \delta) = n \lambda \quad (1)$$

Quando  $\gamma = \delta$  e  $n=0$  si ottiene lo spettro di ordine zero e il reticolo funziona solo da specchio. La direzione dei raggi diffratti è tale che tutti i punti di un piano ad essa perpendicolare sono in concordanza di fase ed è la stessa per tutte le lunghezze d'onda e non si osserva dispersione.

Per valori di  $n=1, 2, 3$  ecc si ottengono spettri di diffrazione di diverso ordine e la direzione dei raggi diffratti è

Maggio - Giugno 2001

differente per lunghezze d'onda differenti. Utilizzando una luce bianca si osserveranno spettri di diffrazione mentre utilizzando una luce monocromatica si osserveranno macchie luminose separate da zone oscure. Misurando gli angoli  $\delta$  e  $\gamma$  e conoscendo la lunghezza  $\lambda$  d'onda del laser è possibile calcolare il passo  $d$  del reticolo.

Per rendere semplice l'esperimento abbiamo scelto l'angolo  $\delta=0$ , per cui la luce ritorna sul laser come spettro di ordine zero e a destra e a sinistra sono visibili gli spettri di diffrazione di ordine 1 e 2. secondo l'equazione semplificata:

$$d \sin \gamma_n = n \lambda$$

### Parte sperimentale

#### materiali

- un laser pointer commercializzato come portachiavi, dotato di un diodo laser con  $\lambda = 660 \pm 20$  nm e 1 mW di potenza.
- un Compact Disk
- 2 pinze
- 1 sostegno
- un metro flessibile con divisioni al millimetro.

#### procedimento

Come riportato nelle figure 2 e 3, si fissa con la pinza P1 il CD al sostegno, parallelamente al piano di lavoro. Con la pinza P2 si fissa al sostegno il laser pointer perpendicolarmente al CD e al piano di lavoro, in maniera che il raggio colpisca il CD nel punto S. Per verificare che il laser pointer sia perpendicolare al Compact Disk si controlla che il raggio SO cada il più possibile vicino al Laser Pointer. Successivamente si controlla che la distanza AO sia il più possibile uguale ad A'O. Se questo non dovesse accadere significa che il Compact Disk non è parallelo al piano di lavoro.

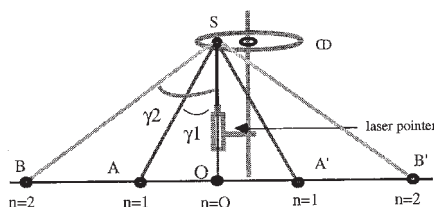


Fig.2

Per ricavare l'angolo  $\gamma_1$  si misura con il metro la distanza OS e la distanza AO. L'angolo  $\gamma_1 = \text{ASO}$  (che è uguale a  $\text{A'SO}$ ) vale  $\arctg(OA/OS)$ . L'angolo  $\gamma_1$  individua la diffrazione per  $n=1$ . Dalla relazione semplificata

$$d \sin \gamma_1 = \lambda \quad (2)$$

si ottiene il passo del reticolo  $d$ .

Di seguito sono riportate le misure ottenute in uno degli esperimenti da noi condotti:

OS=27,0±0,2cm

OA=12,0±0,5cm

OB=38,0±0,5cm

L'accuratezza nella misura della distanza OS è di 0,2 cm, mentre l'accuratezza nella misura delle distanze AO e OB, a causa della dimensione delle macchie luminose, è di 0,5cm.

Dalla diffrazione del primo ordine si ottiene

$$\begin{aligned} \sin \gamma_1 &= \text{sen arctg} AO/OS = \\ &= \text{sen arctg}(12,0/27,0) = 0,406 \end{aligned}$$

Sostituendo nella (2):

per  $\lambda = 660$ nm

$$d = 660/0,406 = 1,63 \cdot 10^3 \pm 0,12 \cdot 10^3 \text{ nm}$$

Dalla diffrazione del secondo ordine si ottiene

$$\begin{aligned} \sin \gamma_2 &= \text{sen arctg} BO/OS = \\ &= \text{sen arctg}(38,0/27,0) = 0,815 \end{aligned}$$

In questo caso l'equazione (1) ha la forma:

$$d \sin \gamma_2 = 2 \lambda \quad (3)$$

per  $\lambda = 660$ nm

$$d = 2 \cdot 660/0,815 = 1,62 \cdot 10^3 \pm 0,06 \cdot 10^3 \text{ nm}$$

0,12  $\cdot 10^3$ nm e 0,06  $\cdot 10^3$  nm sono gli errori massimi previsti [4] tenendo conto dell'errore compiuto nella misura delle distanze e dell'incertezza sul valore della lunghezza d'onda del laser che è di  $\pm 20$  nm.

Non è possibile, con la lunghezza d'onda e il reticolo da noi utilizzati, osservare per  $\delta=0$  la diffrazione del terzo ordine.

Abbiamo effettuato numerosi esperimenti e tenendo conto dell'errore previsto i risultati sono sempre stati vicini al valore aspettato di  $1,6 \cdot 10^3$ nm [1,3].

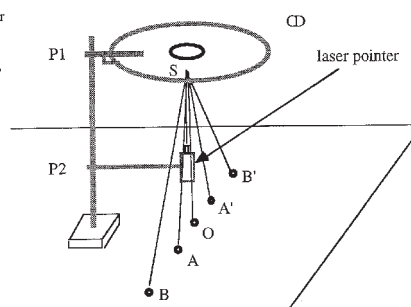


Fig.3

CnS - La Chimica nella Scuola

### norme di sicurezza

Nel nostro caso abbiamo utilizzato un laser pointer di bassa potenza, di costo modesto, venduto come porta chiavi. Il laser pointer non deve essere mai puntato contro gli occhi. Se si utilizza un laser di diversa classe è necessario usare le protezioni riportate nell'istruzione di sicurezza.

### **Descrizione dell'area di progetto**

La determinazione del passo di un reticolo di riflessione può essere parte di un modulo multi disciplinare che prevede la costruzione di una spettrofotometro di basso costo.

Il progetto si basa su due articoli comparsi su J. Chem. Edu nel 1998. Il primo, di Wakabayashi et al. [1] descrive la costruzione di uno spettroscopio che utilizza come reticolo un CD-ROM e propone l'utilizzo di tale spettroscopio per osservare gli spettri di assorbimento di soluzioni colorate. Il secondo, dello staff editoriale [2], è composto da una guida per l'insegnante ed una scheda di lavoro per gli studenti e fornisce istruzioni per la costruzione dello spettroscopio più semplici di quelle riportate nell'articolo precedente. Vi si trovano inoltre consigli per l'esecuzione di esperimenti con materiali di facile reperibilità e di uso comune. Riporta inoltre alcuni suggerimenti per l'integrazione dell'attività nel curriculum. Nei due articoli citati non viene descritta la determinazione del passo del reticolo o il funzionamento del monocromatore.

Le informazioni generali sui CD e su come vengono costruiti sono riportati nel *Traité d'Électricité-Traitement Numérique des Signaux*. [3].

### **Sviluppo del progetto**

Il progetto, seguendo l'iter didattico delle discipline coinvolte, prevede:

a) la ricerca bibliografica e in Internet. Sito <http://www.exploratorium.edu/snacks/snckbysubject.html>

è possibile reperire una quantità notevole di informazioni e semplici esperimenti sulla luce, sul colore, sulle onde ed in particolare sulla diffrazione e sulla costruzione di semplici spettroscopi (percorso: luce, spettri); b) la traduzione degli articoli e delle informazioni reperite in lingua inglese che gli alunni devono attuare con la collaborazione dell'insegnante di

c) l'eventuale progettazione di un percorso sperimentale per il consolidamento dei requisiti relativi al comportamento della radiazione elettromagnetica a partire dalle proposte reperite nel sito;

d) la misura del passo di un reticolo. Si può partire dalle informazioni riportate sui CD e loro uso come reticoli negli articoli citati;

e) la costruzione di uno spettroscopio a CD;

f) l'uso dello spettroscopio per osservazioni di soluzioni colorate.

g) procedere con la ricerca risalendo all'indietro di articolo in articolo, le bibliografie citate per ampliare le conoscenze sulla costruzione di spettroscopi e sul loro uso didattico.

### **Obiettivi cognitivi generali:**

- conoscenza generale del principio di funzionamento degli strumenti analitici.

### **Obiettivi cognitivi specifici:**

- utilizzo di internet per la ricerca bibliografica;

- capacità di tradurre articoli scientifici dalla lingua inglese;

- comprensione del funzionamento di un monocromatore;

- capacità di selezionare dati da fonti ridondanti;

- capacità di eseguire la costruzione di rudimentali, ma efficaci, strumenti da laboratorio;

- capacità di stesura di una relazione tecnica;

- utilizzo fogli di lavoro al computer;

- comprensione della relazione fra spettri di assorbimento e colore delle soluzioni.

### **Conoscenze necessarie:**

- conoscenze di base della Chimica Generale, della Fisica e della Chimica Fisica;

- conoscenza dei concetti di radiazione elettromagnetica, riflessione, rifrazione, interferenza, coerenza, sorgente laser, diffrazione;

- relazioni trigonometriche nei triangoli;

- teoria degli errori;

- conoscenze di base della lingua inglese;

- concetto di protocollo tecnico.

### **Discipline coinvolte e tempi:**

si prevede di dedicare trentacinque ore comprensive della ricerca in

internet e della stesura delle relazioni (Analisi chimica e laboratorio dodici ore, Chimica fisica otto ore, Inglese sei ore, altre discipline nove ore).

### **Metodi ed Attività Didattiche:**

- progetto di classe con attività di gruppo;

- lavori di gruppo con differenziazione interna dei compiti;

- assistenza tutoriale dei docenti;

- lezioni frontali di esperti.

Oggetto della Valutazione:

1) esecuzione dei compiti assegnati;

2) capacità di organizzazione del lavoro;

3) raggiungimento della consapevolezza del lavoro svolto;

4) raggiungimento degli obiettivi di apprendimento.

### **Strumenti della valutazione:**

- scheda di rilevamento in itinere.

### **Dossier di Progetto:**

Il materiale riguardante il progetto potrà essere raccolto in un classificatore contenente delle buste di plastica trasparente in maniera da rendere costantemente accessibile a tutti :

- bibliografia e schedatura;

- progetto di lavoro con tempistica;

- tabelle di raccolta dati ;

- fogli di commento;

- foto;

- lucidi;

- grafico avanzamento lavori.

Tutto il materiale sarà raccolto e curato dagli alunni (singolarmente o in gruppo); il coordinatore verificherà che vengano rispettati i tempi prefissati, i tutor e i docenti di supporto cureranno che il materiale venga costantemente aggiornato e riordinato.

Gli alunni potranno organizzare i materiali con la produzione di un ipertesto.

### **Bibliografia**

[1] Wakabayashi F.; Hamada K.; Sone K. *J. Chem. Educ.* **75**, 1569 (1998)

[2] JCS Editorial Staff *J. Chem. Educ.* **75**, 1568A-B (1998)

[3] Kunt M. -*Traité d'Électricité-Traitement Numérique des Signaux*., Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1984 vol. 20 p502

[4] Sime R.J. *Physical Chemistry Methods, Techniques, and Experiments* (1988) Saunders College Publishing

## UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

### La scoperta di un nuovo dialetto: il ministerialpedagogese

Il prof. Mirone ha denunciato la difficoltà incontrata a leggere i documenti sulla riforma prodotti in ambito ministeriale.

Questo mi ha creato immediatamente un riflesso condizionato: mi sono compiaciuto di avere denunciato più volte l'abuso in campo didattico di un linguaggio specialistico.

Il problema è molto sentito, tanto è vero che alcuni colleghi di buona volontà hanno anche tentato di abbozzare un vocabolario di termini didattici al quale ho cercato di dare un piccolo contributo.

I documenti di questo tipo vengono a volte affrontati da pattuglie di insegnanti volenterosi che si tuffano nel lavoro di decifrazione, cercano di impadronirsi del linguaggio in questione nella speranza di trarne vantaggi professionali.

L'impresa è di norma ardua ed dopo la dura battaglia le truppe scelte si sono così frammentate:

- alcuni insegnanti sono divenuti incomprensibili persino a se stessi e continuano a parlare a ruota libera con le fauci riarse e l'occhio sbarrato; ho assistito a questa sindrome anche in ambito sindacale, solo che in quel caso il linguaggio non era il didattichese ma il sindacalese. Queste persone finiscono per usare il linguaggio suddetto anche nella vita di tutti i giorni, cadendo nel grottesco;
- altri si impadroniscono del linguaggio incriminato e lo utilizzano per non essere capiti; continuano a non fare assolutamente nulla, riscuotendo l'ammirazione degli ingenui;
- altri ancora hanno capito che il linguaggio incriminato è una calamità naturale che bisogna sopportare con cristiana rassegnazione ma che dietro quelle crittografie tutto sommato si cela della sostanza. S'impegnano a fondo e talvolta recuperano anche quei colleghi che erano rimasti paralizzati dalle difficoltà;
- un gruppetto nemmeno tanto esiguo pensa, con qualche ragione, che nessuno ha il diritto di pretendere da loro un simile esercizio, essi inoltre sono convinti che la didattica come branca del sapere non esista e che i problemi dell'insegnamento si risolvano con la

pratica e il buon senso. Questi non sono tra gli insegnanti peggiori, ma hanno una visione assai grigia del loro mestiere e soprattutto hanno rinunciato in partenza ad ottimizzare i loro risultati.

Il linguaggio nel quale sono confezionati i documenti della riforma potrebbe essere definito, con un filo di ironia, come *ministerialpedagogese* in quanto è un linguaggio di tipo didattico-pedagogico con forti inflessioni burocratiche.

Però vorrei dissipare la possibile sensazione che io mi abbandoni ad una troppo facile ironia: le commissioni che in fasi successive hanno lavorato al progetto sono state numerose e molti sono i soggetti ministeriali interessati all'operazione; in questa sede il *ministerialpedagogese* è un linguaggio funzionale.

I guai iniziano quando i documenti vengono spediti agli insegnanti sen-



za esempi e senza debita traduzione! Il problema dei linguaggi specialistici esiste da sempre e spesso viene lamentato anche dai mezzi di comunicazione.

Un esempio è il linguaggio utilizzato da giudici e dagli avvocati, assolutamente incomprensibile al resto del mondo; all'interno dei tribunali esso sopperisce a particolari esigenze di comunicazione, ma non appena i giudici o i legislatori cercano di comunicare con il comune cittadino, destinatario delle leggi, il linguaggio si rivela drammaticamente incomprensibile. L'affermazione che non è ammessa l'ignoranza della legge, suona come un raggirato.

A tutti i linguaggi specialistici si possono rivolgere, in misura maggiore o minore, le obiezioni che il prof. Mirone ha rivolto al linguaggio usato nei documenti ministeriali.

In questi documenti è evidente un bisogno a dir poco paranoico di non lasciare spazio a libere interpretazioni, nonostante che nei documenti stessi si dichiara che la scuola del futuro sarà basata sul decentramento e l'autonomia; questi però sono beni preziosi che vengono sempre concessi a bocca torta.

Tutto ciò porta alla formulazione di lunghe proposizioni, che aspirano ad essere esaustive, e invece sono lessicalmente complicatissime, e totalmente astratte.

L'ansia di completezza paradossalmente nasce dalla consapevolezza che il corpo docente è completamente impreparato ad accogliere le ottime sollecitazioni contenute nella riforma e un meccanismo di autorassicurazione

spinge gli estensori a formulare obiettivi eccessivamente ambiziosi.

Nelle remore di una operazione tutto sommato difficile si annidano poi le debolezze umane, come il bisogno di esibire la propria cultura, o le furbizie, come il tentativo di giustificare a priori il poco spazio concesso a certe discipline.

Riprendiamo ora in esame l'affermazione secondo cui "La persona colta, per partecipare con consapevolezza ai processi sociali e culturali, non ha bisogno di un voluminoso bagaglio di informazioni, ma deve saper dominare fenomenologie

complesse, che richiedono complesse modalità di comprensione e di controllo..."

Quando ho letto questa frase, citata dal prof. Mirone, mi ha preso lo sconforto e mi sono detto: possibile che l'essere in pensione mi abbia ridotto culturalmente così male? Possibile che il sostituire la poltrona alla cattedra impedisca nonostante tutto di restare in contatto con il mondo della cultura?

Poi ho ripensato alle ore passate a lavorare nelle commissioni ministeriali, alle numerose relazioni stese e lette ed ho capito: si tratta in realtà del ben noto delirio di onnipotenza: a qualcuno il concetto di complessità fa l'effetto di una sbronza.

Sono convinto che sia necessario tra

le altre cose fare prendere consapevolezza agli studenti del fatto che molti fenomeni, se affrontati nella loro globalità, presentano le caratteristiche proprie dei sistemi complessi, ma questo non significa che a seguito di ciò la persona colta sarà in grado di affrontare e dominare queste fenomenologie. Queste sono sciocchezze belle e buone, veri e propri deliri.

La Borsa è un tipico esempio di sistema complesso ma, se qualcuno un anno fa avesse saputo "dominare le fenomenologie della Borsa" grazie alle sue "complesse modalità di comprensione e controllo", ora probabilmente sarebbe la persona più ricca del Mondo.

Penso che bisogna rendere le persone consapevoli dei problemi che i sistemi complessi pongono, ma bisogna anche sapere collocare correttamente la ricerca scientifica rispetto a questa complessità.

Lo studente ad esempio deve arriva-

re a comprendere le difficoltà che incontra il meteorologo nel fare previsioni nonostante i potenti mezzi informatici di cui dispone, ma nel contempo bisogna evitare che lo studente sia indotto a pensare che la ricerca scientifica nel suo significato tradizionale sia superata e che il Caos sia l'unica, oscura divinità che domina questo mondo.

Ci sono due modi di affrontare sul piano emotivo la complessità del reale o una presa di coscienza corroborata, con buona pace degli estensori dei documenti ministeriali, da un "voluminoso bagaglio" di conoscenze oppure un uso spregiudicato dell'oroscopo. Agli interessati la scelta. Vorrei aggiungere in chiusura un'altra osservazione sulla lamentata debolezza della chimica nel contesto della riforma nonostante che due autorevoli nostri iscritti presenti nella commissione ministeriale, i professori Fiorentini e Olmi, si siano battuti

come leoni per salvaguardare la presenza della chimica stessa.

La chiave di lettura corretta mi è stata offerta dal socio Claudio Della Volpe il quale, attraverso la creazione di un indirizzario di posta elettronica (SCIlist@devolmac.ing.unitn.it), sta cercando per conto della SCI di compattare i chimici sparsi per l'Italia. Egli comunica che i chimici in Italia sono circa 15.000, di cui 4400 iscritti alla SCI, nonostante che la SCI raggruppi chimici universitari, insegnanti, liberi professionisti e impiegati nell'industria.

In altre parole siamo pochini e di questi solo un 25% sente il bisogno di consociarsi per tutelare i diritti della chimica, inoltre la chimica è insegnata in larga misura da non chimici. Domanda: con quale forza e quale rappresentatività possiamo andare a picchiare i pugni sul tavolo del Ministro?

**Ermanno Niccoli**

**RECENSIONI**

continua da pag.101

onore dell'A. il quale, coerentemente con quanto insegnato, ha voluto trattare nel dettaglio solo gli aspetti di sua stretta competenza. Non si può d'altronde negare che, proprio ai ricercatori che operano in campo biomedico, siano oggi affidate insieme alle speranze di tutti, le maggiori responsabilità anche per quanto riguarda la correttezza del comportamento. In conclusione, vista la scarsità di opere simili e la validità del lavoro di Macrina, si auspica che esso riceva la giusta attenzione specialmente da parte dei docenti e delle biblioteche universitarie. L'uso didattico del testo potrebbe diffondersi nelle facoltà scientifiche, sotto forma di appoggio a moduli inseriti nei corsi di livello avanzato, nell'ambito delle lauree specialistiche, oppure come traccia per seminari integrativi a livello di dottorato di ricerca e scuola di specializzazione. Nell'ambito della scuola secondaria esso potrebbe (perché no?) offrire utili spunti per evidenziare, all'atto della raccolta dei primi dati sperimentali, senza enfasi ma con serietà, la responsabilità che tale operazione comporta nei riguardi della comunità scientifica e degli utilizzatori dei risultati.

**Marco Taddia**

**CnS - La Chimica nella Scuola**

**Francesco Cardone, ACQUA ARIA TERRA E FUOCO - Storia della Chimica dagli Albori a Lavoisier.**  
Laruffa Editore - Reggio Calabria 1990  
pp. 441, Brossura



Gli scaffali delle grandi librerie italiane riservati alle Scienze offrono una visione sconcertante per quanto riguarda la storia della chimica e, più in generale, le opere di carattere non strettamente didattico dedicate alla chimica. Nel primo caso il conto si esaurisce in poche dita di una mano, comprendendo anche le opere tradot-

te, nel secondo, includendo queste ultime, le cose vanno un po' meglio. Va detto però che, talvolta, si tratta di opere che sottolineano gli aspetti spettacolari degli esperimenti di tipo chimico o che appagano in modo spiccio la curiosità del lettore. Il divario con la biologia, le scienze ambientali, la fisica ed anche con la matematica, appare evidente e, purtroppo, in progressivo aggravamento. In Paesi a noi vicini sul piano economico e culturale si assiste, per fortuna, ad una sia pur timida ripresa d'interesse per la storia della chimica, documentata dalla recente comparsa di nuovi titoli. Per tali motivi, questo libro di Francesco Cardone appare il benvenuto e c'è da augurarsi che esso rappresenti un segno di ripresa anche per noi. L'opera di Cardone è il frutto dell'impegno generoso di uno studioso appassionato che coltiva questo genere d'interesse in maniera singolare, fuori dalle istituzioni accademiche, conciliandolo con i doveri di un normale impiego di lavoro. C'è veramente da rallegrarsi che la laurea in chimica industriale abbia generato nell'Autore un'interesse così vivo e proficuo per le origini della materia studiata. L'opera si propone un arduo obiettivo: concentrare in circa quattrocen-



Lavoisier. A questo si associa il tentativo, ancora più ambizioso, di promuovere una visione della chimica come disciplina epistemologicamente aperta, passando ad una epistemologia "pratica" che, con un linguaggio semplice ma rigoroso, affronti le connessioni della chimica con altri aspetti della conoscenza, non solo scientifici. Mentre il primo obiettivo sembra efficacemente raggiunto, si può dire, senza nulla togliere alla validità del tentativo, che il secondo è in via di definizione e merita ulteriori approfondimenti. La struttura dell'opera ha due aspetti caratteristici: l'organizzazione per autori e l'abbondanza delle note. Per ognuno dei nuclei storici considerati: Alchimia, Contributo Arabo, Rinascimento, Seicento, Inizio Settecento, Chimica Pneumatica, Chimica di Lavoisier, l'A. enuclea il contributo dei diversi personaggi, riportando-

ne anche una breve biografia. Da ciò il libro appare come una raccolta di "schede" di notevole valore ai fini bibliografici e documentali, anche perché sono citati passi importanti delle opere dei diversi autori, non sempre reperibili con facilità. L'altro aspetto da sottolineare è l'ampiezza delle note a fondo pagina che, spesso, superano in estensione il testo propriamente detto. Questa organizzazione dell'opera potrebbe inizialmente disorientare qualche lettore. Ben presto però egli apprezzerà, per gusto o necessità, l'importanza, l'accuratezza e la ricchezza delle informazioni contenute nelle note in oggetto. Un cenno particolare merita anche lo spazio che Cardone ha meritoriamente riservato ai chimici italiani che contribuirono ai successi della chimica pneumatica (Fontana, Beccaria ed altri) ed ai rapporti fra il

mondo scientifico italiano e la cosiddetta chimica lavoisieriana. Da Spallanzani a Pini, da Carburì a Landriani, da Brugnatelli a Giobert, ai chimici del regno di Napoli ed infine a Dandolo (traduttore del *Traité* di Lavoisier), il lettore getterà lo sguardo su un mondo sconosciuto ai più e i cui contributi sono talvolta ingiustamente ignorati o sottovalutati anche dagli storici della scienza. Sulla base di tali considerazioni è facile prevedere che il libro verrà apprezzato soprattutto come opera di consultazione e di approfondimento. Esso merita un posto nella biblioteca personale di ogni chimico interessato a scoprire le radici storiche e filosofiche della propria disciplina e può diventare un ausilio prezioso per chiunque si occupi di questi argomenti a scopo didattico o professionale.

Marco Taddia

---

## SCHEDA DI ADESIONE

Intendo partecipare al **XII Congresso della Divisione di Didattica della SCI** (Trieste 7 -10 novembre 2001)

Cognome e nome .....

Ente di appartenenza .....

Indirizzo per l'invio delle comunicazioni .....

Socio S.C.I. :        SI                                NO

Desidero presentare una comunicazione scientifica:        SI                                NO

Desidero presentare una comunicazione poster:        SI                                NO

Titolo .....

**Preso atto delle quote di iscrizione, pagherò la quota direttamente all'atto della registrazione**

Data ..... Firma .....

Coloro che non intendono presentare comunicazioni: termine per l'invio della scheda di adesione è fissato al **15 ottobre 2001**

Coloro che intendono presentare comunicazioni orali o comunicazione poster: termine per l'invio della scheda di adesione e dei riassunti è fissato **non oltre il 30 settembre 2001**

In entrambi i casi le schede devono essere inviate a:

**Pasquale Fetto**, Dipartimento di Chimica "G.Ciamician", Via Selmi 2, 40126 Bologna **e-mail: fpcns@ciam.unibo.it**

### **Contributi per gli atti e per i riassunti: editing\***

I lavori completi devono essere consegnati all'atto della registrazione al Congresso o inviati prima dell'inizio del Congresso stesso per via informatica a: Fetto Pasquale e-mail: fpcns@ciam.unibo.it o su dischetto al seguente indirizzo: **Fetto Pasquale**, Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", via Selmi 2 - 40126 Bologna

\* Per facilitare il lavoro di editing si specifica che i riassunti e i lavori devono avere: **a)** Formato Word di qualsiasi tipo con figure e tabelle già inserite nel testo **b)** Carattere Times New Roman, corpo 12, spaziatura singola **c)** Titolo in maiuscolo bold, corpo 14, centrato **d)** Autori (cognome e nome) in bold, corpo 14, centrato **e)** Istituzione di appartenenza (con e-mail) **f)** Testo corpo 12, giustificato, margini destro sinistro alto basso 3 cm **g)** Nessuna numerazione di pagina **h)** Indirizzo e-mail o postale per le comunicazioni

“Possiamo finalmente dimostrare che l'animo dei chimici non è necessariamente arido e brutalmente riduzionista? Stiamo forse scoprendo una vena poetica che scorre silenziosa tra beute e provette? L'amico Todesco con queste due belle poesie ci aiuta a sperare.”

Invito chi ancora si schernisce ad uscire allo scoperto

Ermanno Niccoli

### Paolo Edgardo Todesco

La prima poesia scritta durante il congresso di meccanismi di reazione (1°COFEM) di Catania dell'86. La seconda scritta per convincere uno studente che iscriversi a chimica industriale aveva un senso.

*catania*  
24 ottobre 86

*righe di onde  
che si corrono dietro  
le une con le altre  
verso la grigia, plumbea  
linea di orizzonte  
in questo giorno di ottobre  
improvvisamente rannuvolato  
e sento che dentro, al contrario,  
con una maniera  
inversamente proporzionale  
mi sto piano piano placando  
con questo convegno  
sui meccanismi di reazione,  
il mio primo  
e probabilmente unico  
amore  
di questa stravagante  
carriera accademica  
e spero che ancora ci siano  
per me  
per noi tutti  
sentieri fioriti  
di equazioni  
più o meno differenziali,  
di libere  
correlazioni  
lineari al punto giusto,  
che ci permettano ancora  
di nuovo  
o forse  
per la prima volta  
di scoprire improvvisamente*

*quello che la natura  
ha nascosto  
probabilmente per noi  
un poco di secoli fa  
perché noi ancor oggi  
ancora domani  
potessimo giocare  
potessimo continuare a giocare  
oltre che a compiere  
accuratamente  
in maniera appropriata  
severa  
educata  
indubitabilmente barbosa  
i nostri doveri accademici  
conservando peraltro  
una punta nascosta  
maliziosa  
di voglia di accorgersi  
di qualunque cosa  
che abbia  
un sentore di incognito  
di non capito  
inaspettato  
di nuovo  
di rosso  
ed antico  
di vero...*

### *innamorarsi dell'oggi*

*bologna 13 novembre 1990*

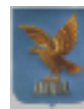
*sai ho cercato soltanto  
di farti innamorare  
dell'oggi,  
di questo posto  
di questa gente  
di questa stolta  
facoltà  
di chimica industriale  
perché è la sola  
che oggi  
abbiamo a disposizione  
perché questa  
è la tua vita di oggi  
ed è sommamente importante  
vivere fortemente  
al massimo delle proprie  
disponibilità  
la situazione  
in cui ci veniamo a trovare  
incautamente  
scientemente  
inavvertitamente  
o per scelta cosciente  
a vivere oggi.  
Perché se rimandi  
a domani  
mete e traguardi  
impegni e soddisfazioni  
è molto probabile accada  
che le cesoie del tempo  
ti trovino impreparato  
impreparato  
senza più olio da ardere  
nei pentolini di riserva,  
vergine troppo prudente  
in attesa di uno sposo  
pesantemente,  
incredibilmente  
ritardatario  
e qualcuno  
impudentemente  
ti venga a chiedere  
conto  
di come hai passato  
il tuo tempo  
e di dove hai nascosto  
i tuoi trenta danari.  
Per questo ho cercato di dirti  
che è indispensabile  
e bello  
esser del tutto  
innamorati dell'oggi  
così squallido e inerte  
così lento e incapace  
per creare un domani  
diverso  
in cui sia possibile  
e vero  
un efficiente  
e instancabile  
inverosimile,  
e del tutto reale  
mondo d'amore....*



Università degli Studi  
di Trieste



Società Chimica Italiana  
Divisione di Didattica



Regione Autonoma  
Friuli Venezia Giulia

# XII° Congresso Nazionale della Divisione di Didattica

*“I nuovi curricoli e le esigenze della Società”*

**Trieste 7 - 10 Novembre 2001**

## Comitato Scientifico

Pietro Allevi	Pasquale Fetto
Eleonora Aquilini	Maria Vittoria Massidda
Fausta Carasso Mozzi	Paolo Mirone
Rosarina Carpignano	Ermanno Niccoli
Luigi Cerruti	Fabio Olmi
Giacomo Costa	Tiziano Pera
Patrizia Dall'Antonia	Pierluigi Riani

## Comitato Organizzatore

Giacomo Costa  
Patrizia Dall'Antonia  
Pasquale Fetto  
Rosarina Carpignano

## Programma di massima

### Mercoledì 7 novembre

8.30 *Registrazione*  
10.00 Apertura del Congresso  
10.30 - 11.15 Conf. Plenaria  
11.15 - 11.45 Coffee break  
**I sessione**  
*Le prospettive della Chimica nella Scuola di domani*  
11.45 - 12.05  
12.05 - 12.25  
12.25 - 12.40 Discussione  
Pausa Pranzo  
15.00 - 15.20  
15.20 - 15.40  
15.40 - 16.00  
16.00 - 16.20 Discussione  
16.20 - 16.50 Coffee break  
16.50 - 17.10  
17.10 - 17.30  
17.30 - 17.50  
17.50 - 18.10 Discussione

### Giovedì 8 novembre

8.30 *Registrazione*  
**II sessione**  
*La formazione dei Docenti*  
9.00 - 9.45 Conf. Plenaria  
9.45 - 10.05  
10.05 - 10.25  
10.25 - 10.40 Discussione  
10.40 - 11.10 Coffee break  
11.10 - 11.30  
11.30 - 11.50  
11.50 - 12.10  
12.10 - 12.30  
12.30 - 12.50 Discussione  
Pausa Pranzo  
15.00 - 15.20  
15.20 - 15.40  
15.40 - 16.00  
16.00 - 16.20 Discussione  
16.20 - 16.50 Coffee break  
16.50 - 17.50 **Poster**  
17.50 - 19.00 **Assemblea Soci**

### Venerdì 9 novembre

8.30 *Registrazione*  
**III sessione**  
*La Chimica della definizione dei Curricoli*  
9.30 - 10.15 Conf. Plenaria  
10.15 - 10.45 Coffee break  
10.45 - 11.05  
11.05 - 11.25  
11.25 - 11.45  
11.45 - 12.05  
12.05 - 12.40 Discussione  
Pausa Pranzo  
15.00 - 15.20  
15.20 - 15.40  
15.40 - 16.00  
16.00 - 16.30 Discussione  
16.30 - 17.00 Coffee break  
17.00 - 18.00 **Poster**

### Sabato 10 novembre

8.30 *Registrazione*  
**IV sessione**  
*La Didattica nelle Scienze di Base*  
9.30 - 10.15 Conf. Plenaria  
10.15 - 10.45 Coffee break  
10.45 - 11.45 Tavola rotonda  
11.45 - 12.00  
Chiusura del Congresso

## Informazioni generali

Invio dei riassunti dei contributi: editing vedi pag. 107

I riassunti degli interventi e dei poster devono essere inviati per via informatica a:

**Fetto Pasquale** e-mail: [fpens@ciam.unibo.it](mailto:fpens@ciam.unibo.it) non oltre il 30 settembre 2001

Contributi per gli atti: editing vedi pag. 107

I lavori completi devono essere consegnati all'atto della registrazione al Congresso o inviati prima dell'inizio del Congresso stesso per via informatica a: **Fetto Pasquale**

e-mail: [fpens@ciam.unibo.it](mailto:fpens@ciam.unibo.it) o su dischetto al seguente indirizzo:

**Fetto Pasquale, Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", via Selmi 2 - 40126 Bologna**

### Quote di iscrizione

**A Soci:** Insegnanti 30.000, Universitari 150.000

**B NON Soci:** Insegnanti 50.000, Universitari 200.000

Le quote si riducono come al punto A se ci si associa alla Divisione di Didattica della SCI (per l'anno 2002) all'atto della registrazione al Congresso.

**La quota d'iscrizione si versa direttamente all'atto della registrazione**