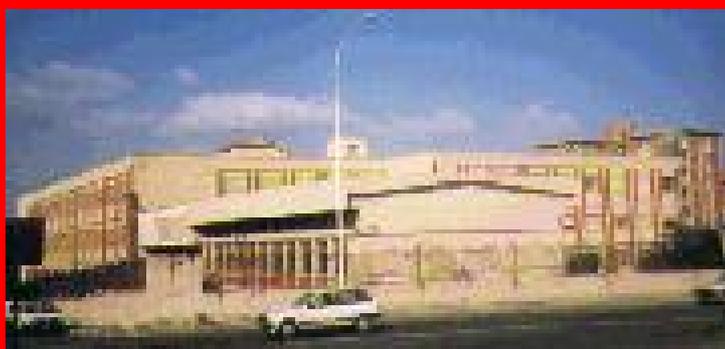


Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



ITAS "Grazia Deledda" Cagliari

**IPOTESI PER UN
CURRICOLO DI CHIMICA**

**TRA DIDATTICA E
DIVULGAZIONE**

**CENNI BIOGRAFICI
DEI CANDIDATI AL CONSIGLIO DIRETTIVO**



Società Chimica Italiana

Anno XXII
Novembre - Dicembre 2000

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 € e 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

GRAFICHE RECORD snc

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

SOMMARIO

EDITORIALE

- Oportet ut scandala eveniant:
è opportuno che avvengano scandali
di *Giacomo Costa* **141**

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

- Marie Curie, nata Marya Sklodowska. Il contesto conoscitivo
e le note di luglio e dicembre 1898 - II parte
di *Francesca Turco, Luigi Cerruti* **143**
- Il ruolo del concetto di gas nella costruzione
delle basi della chimica
di *Eleonora Aquilini* **149**

ESPERIENZE E RICERCHE

- Tra didattica e divulgazione:
un'esperienza per avvicinare i giovani alla chimica
di *Maria Vittoria Massidda* **153**
- Ipotesi per il curriculum di chimica
di *Carlo Fiorentini, Ezio Roletto* **158**

COMUNICAZIONI BREVI

- Molecole, moli e ...pastine
di *Corrado Cattadori, Andrea Serafini* **169**

LABORATORIO E DINTORNI

- Realizzazione di uno strumento per la verifica della
seconda legge di Gay-Lussac
di *Patrizia Dall'Antonia* **170**

RUBRICHE

- CHIMICA E POESIA** **142**
- LETTERE** **168**
- LIBRI PERVENUTI** **174**
- UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA**
- Tempo di curricoli **175**
- CONVEGNI E CONGRESSI**
- Primo premio al "CEFIC SCIENCE EDUCATION AWARD" 2000 **178**
- DALLA DIVISIONE**
- Cenni biografici dei candidati **179**
- GIOCHI DELLA CHIMICA** **III cop**

Sito Internet S.C.I. <http://www.sci.uniba.it>

Oportet ut scandala eveniant: è opportuno che avvengano scandali

Ma avremmo voluto che in ciò che è accaduto ai concorsi nella scuola si vedesse ben più che un altro episodio della carenza di moralità e di legalità dell'attuale società. Il troppo rapido spegnersi dell'eco di quegli avvenimenti ha messo in evidenza la permanente miopia che affligge il mondo politico nel considerare i problemi della scuola e la conseguente inerzia nel provvedere. Sembra che manchi la consapevolezza della funzione della scuola, della sola istituzione cui può essere affidato il compito di trasmettere in modo sistematico e senza condizionamenti ideologici le conoscenze indispensabili per impiegare efficacemente la ragione e le competenze indispensabili per esercitare un mestiere o una professione. È l'importanza di questa funzione che fa della scuola il problema politico più importante. Con l'indebolirsi della funzione della famiglia non possiamo aspettarci, da quella parte, un grande aiuto nell'educazione dei giovani e particolarmente in un'educazione mirata all'interesse della società. Con la commercializzazione dei mezzi di diffusione di massa possiamo solo temere la diffusione del pensiero economico come pensiero unico. Dalla scuola, dagli ordinamenti scolastici e dalla qualità degli insegnanti dipende quindi la qualità della società di domani. La sfida era stata invero lanciata con le riforme che il Ministro Berlinguer ha avviato: l'aumento degli anni di scuola dell'obbligo; il nuovo esame di stato, l'autonomia scolastica, il riordino dei cicli scolastici, la scuola di specializzazione per l'insegnamento nelle scuole secondarie. Riforme la cui realizzazione costituisce tuttora una sfida. Una volta vinta potrebbero rinnovare e modernizzare radicalmente la scuola.

Il formidabile lavoro necessario a vincere questa sfida ci impegna in realtà tutti. Il mondo universitario, che deve ancora rendersi conto della grande responsabilità che si è assunto con il compito di organizzare le scuole di specializzazione ed

impegnarsi seriamente. Il mondo della scuola che deve mobilitarsi per rinnovare contenuti e metodi per l'evoluzione culturale della nostra società. Occorre, per le scuole di specializzazione, un'intesa stretta e convinta fra MURST e MPI per mettere più forze intellettuali e più mezzi a disposizione di questo nuovo potente strumento di formazione e, allo stesso tempo, per stimolare e organizzare senza remore un'ampia collaborazione fra universitari e docenti delle scuole secondarie. Un'altra sfida sta nella difficile ricerca di un punto di incontro fra culture tradizionalmente distanti, indispensabile per integrare la formazione "trasversale" pedagogica con la specializzazione disciplinare e interdisciplinare. Una terza sfida sta nella realizzazione dei nuovi percorsi scolastici. Persino i più saggi sono divisi fra differenti prospettive nel panorama dei "saperi", e nella rete sempre più ricca ed intricata di conoscenze, ciascuno vede più distintamente l'uno o l'altro modo. Aggiungiamo il deformante potere delle mode e si capirà la difficoltà di predisporre un bagaglio di conoscenze di dimensioni ragionevoli, e soprattutto un unico strumento metodologico per il loro uso. Il che significa integrarle in un'unica rete, che raccolga tutti i nodi concettuali forti delle discipline di base. Per di più occorre che la costruzione di questa rete avvenga per gradi, nella successione dei cicli scolastici secondo riconoscibili regole pedagogiche. L'esempio che ci riguarda è quello della formazione scientifica, di qualità e profondità necessarie e sufficienti alla preparazione nelle diverse professioni. Si tratta di individuare e distinguere i nodi concettuali propri della matematica, della fisica, della chimica e delle scienze naturali e le connessioni che li legano in una indissolubile rete. Qui occorre un grande sforzo per correggere errori di prospettiva e superare spiegabili, tradizionali, deformazioni professionali, puntando tutti sull'unicità della rete che si deve costruire. La chimica può e deve occupare in questa

rete la posizione di scienza autonoma, cerniera fra la fisica e le scienze naturali e di supporto indispensabile per lo sviluppo tecnologico dei nuovi processi e dei nuovi materiali. Il compito delle associazioni degli insegnanti non è esaurito. Occorre che aumenti la partecipazione e la volontà di ricercare approcci "ecumenici" per una rinnovata immagine delle scienze da presentare ai giovani.

Ma non dimentichiamo che la condizione indispensabile per vincere queste sfide è la rivitalizzazione di un mondo da tempo in crisi, affollato da troppi docenti precari, entrati senza alcuna preparazione spe-

cifica all'insegnamento e dopo anni di dura esperienza sul campo, ancora in attesa di essere "sistemati". E accanto a loro docenti anziani e preparati, ma frustrati per la mancanza di un adeguato sostegno materiale e morale, senza più la forza di lottare, anche solo per fare il proprio dovere. Il mondo della scuola non può dunque affrontare riforme così radicali se non viene anzitutto rincuorato. Rincuorato con la sistemazione in uno status adeguato, con il dovuto riconoscimento ai migliori e, subito, con un trattamento economico pari all'alto compito che viene affidato alla categoria.



Chimica e poesia

I versi di Roberto Soldà

CRISTALLI DI ATP

*In vago barlume
di vuoto immerso,
cristalli di ATP
a flebili raggi
di luna somministro.
Ad ottenerne densa
una luce che illumini
l'ombra sull'erba.
Aria di prato gelida
dopo la grandine
avanza ad ovest.
Chiudo il cancello:
stridio di gabbiani
insegue l'onda
d'un blu aratro.
Quattro radicali
liberi ho serbato
per aggredire parole
contro scagliate.
Un icosaedro appoggiato
sul retro della valenza
a discutere s'improvvisa
forsennato.*

ENTALPIA

*In campi brinati
elettroni delocalizzati:
il sole infreddolito
nella sua sciarpa rossa
il viso nasconde.
A dune bianche l'entalpia
avvolge lenta i rami
mozzi dei gelsi intirizziti.
Brina, brina, dilemma:
corollario di trina
o acuti cristalli di teorema?
Certi che siano trascorsi
anni-luce dal Vietnam e Corea?
La Bosnia e l'Albania,
i Curdi e l'Algeria ?
Orazio :est modus in rebus.
Lucrezio:De rerum(et hominum)
natura.*

Marie Curie, nata Marya Sklodowska. Il contesto conoscitivo e le note di luglio e dicembre 1898 - II parte

Riassunto

Nella seconda parte dello studio su Marie Curie viene approfondita la cornice conoscitiva in cui operano i coniugi Curie. In primo luogo si prendono in considerazione le scarse reazioni suscitate nella collettività internazionale dei fisici dalla scoperta dei raggi uranici, e viene fornita una breve panoramica sulla comunità scientifica parigina. Per quanto riguarda il lato 'pratico' dell'orizzonte conoscitivo, sono esaminate le condizioni sperimentali in cui operarono i due scienziati: il luogo, il celebre capannone dell'École municipale de Physique et de Chimie industrielles, e lo strumento, l'elettrometro con quarzo piezoelettrico, con cui vennero misurate le correnti di ionizzazione. Seguono osservazioni sulle caratteristiche dei Comptes Rendus, la rivista che pubblicò gli articoli del 1898, brevi commenti sulle tre notes, e le traduzioni delle ultime due, che annunciano la scoperta di Polonio e Radio.

Summary

The second part of the study on Marie Curie investigates the knowledge frame in which she and her husband worked. In the first place, it is considered the low interest of the international physical community in the discovery of uranium rays; it follows a short overview of the Parisian scientific community. In order to consider the practical side of their knowledge horizon, we analyzed the experimental setting of their research: the place, the famous shed of the École municipale de

FRANCESCA TURCO (*)
LUIGI CERRUTI (*)

Physique et de Chimie industrielles, and the instrument, the quartz electrometer, by which the ionization currents were measured. It follows remarks on the Comptes Rendus, the journal that published the 1898 articles; short comments of the three notes; the translations of the last two notes, which announced the discovery of Polonium and Radium.

Aspetti del contesto conoscitivo

Non sono pochi i problemi che deve affrontare chiunque voglia accostarsi ai testi originali dei contributi che hanno segnato tappe fondamentali nella storia della scienza. Il più risolvibile di tutti è quello meramente linguistico, se il testo di interesse è stato scritto in una lingua diversa dall'italiano. Con qualche cautela è abbastanza facile produrre una traduzione accettabile e linguisticamente comprensibile; diversa, e più difficile, è una comprensione del testo che permetta al lettore di intendere sia quanto effettivamente l'Autore volle comunicare ai diversi livelli del testo, da quello retorico a quello semantico, sia quali siano stati i diversi contesti in cui fu condotta la ricerca e scritto il testo. Tuttavia anche questa difficoltà si attenua se si tiene conto (criticamente) che a proposito di molti dei più importanti testi - e dei loro Autori - si trovano molte fonti secondarie che permettono di giungere ad un grado di *comprensione preliminare* che pur non avendo l'ambizione della *comprensione profonda* degli ermeneuti, è pur sempre

ciò che loro stessi fanno nella fase iniziale della ricerca. Il 'comprendere' (*Verstehen*) dell'ermeneuta è un processo che può terminare solo con l'oblio del testo da parte dell'ermeneuta stesso. Infatti il 'comprendere' procede anche quando non c'è lettura, studio o analisi diretta, in quanto dipende egualmente dal Testo e dal suo Lettore: se questi cambia, e cambia sempre nel tempo, muta anche la sua comprensione. Di qui anche la varietà delle interpretazioni che vengono date dai diversi storici ad eventi la cui ricostruzione parrebbe obbligata, dato che le fonti sono note e comuni a tutti loro. Chi, come noi, legge i testi di Sklodowska con intenzioni didattiche può limitare il suo interesse ai tratti più evidenti dei contesti più immediati, quelli che più direttamente influenzarono le sue ricerche e condizionarono il suo stile di scrittura. Gli approfondimenti ulteriori, quelli che portano al *Verstehen*, sono lasciati alla nostra scelta, e potrebbero essere sollecitati dall'uso didattico dei testi e dei loro contesti. Qui di seguito abbiamo appuntato la nostra attenzione su quattro contesti, affrontati in una successione che tiene conto dello 'stato dell'arte' prima dell'apporto di Sklodowska, dell'ambiente favorevole della comunità scientifica parigina, delle procedure sperimentali seguite in laboratorio, e infine dello stile di scrittura richiesto dai *Comptes Rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi, l'organo su cui furono pubblicati i contributi di Sklodowska del 1898.

La ricerca sui raggi uranici

Come si è accennato nel precedente articolo la scoperta dei raggi uranici avvenne in modo casuale, come già era stata casuale la scoperta dei raggi

(*) Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata - Università di Torino

X. L'esistenza della nuova fenomenologia dei sali fluorescenti d'uranio era stata comunicata da Becquerel (1852-1908) all'Accademia delle Scienze di Parigi il 24 febbraio 1896, un lunedì, mentre la lastra 'fatale' sui cui un campione non esposto al sole aveva lasciata la sua impronta era stata sviluppata la domenica successiva, il 1° marzo. Il giorno dopo, il 2 marzo, il nostro fisico leggeva all'Accademia una *note* in cui annunciava l'indipendenza delle radiazioni da una previa esposizione dei sali alla luce.[1] Nei primi sei mesi del 1896 Becquerel pubblicò otto note sui raggi uranici, poi la cadenza delle comunicazioni si attenuò con una sola comunicazione nel secondo semestre, per poi estinguersi completamente dopo due ultime note nei primi mesi del 1897. Per tutto questo periodo il fisico parigino fu guidato dall'analogia con i raggi X, così già in marzo scoprì che i raggi uranici avevano il potere di scaricare i corpi carichi di elettricità, ma il fatto più sorprendente fu l'accertamento che le radiazioni venivano emesse anche da un campione di uranio metallico. [2]

Rispetto a questi nuovi 'raggi' le reazioni della comunità scientifica nel suo complesso furono piuttosto modeste. Da una parte i raggi X costituivano un 'concorrente' imbattibile in quanto avevano proprietà più vigorose dei raggi uranici e, al contrario di questi, non erano un balzano fenomeno naturale, ma potevano essere prodotti e riprodotti in laboratorio. Dall'altra la determinazione della natura corpuscolare dei raggi catodici dovuta a J.J. Thomson (1856-1940), e annunciata sul *Philosophical Magazine* nell'ottobre 1897, aveva ancor più messo in ombra la fenomenologia di Becquerel. Solo in Inghilterra, nel 1897, era stata fatta qualche esperienza di conferma delle proprietà ionizzanti dei raggi uranici.[3] E tuttavia la prima, importante scoperta di Sklodowska, la radioattività del torio fu anticipata davanti alla Società fisica di Berlino il 4 febbraio 1898, circa due mesi prima della *note* della nostra chimica franco-polacca. La comunicazione era stata inviata nella capitale tedesca il 25 gennaio da Gerhard C. Schmidt (1865-1949), un fisico che lavorava all'Uni-

versità di Erlangen e che fino ad allora si era occupato di temi quali luminescenza, spettroscopia, scariche elettriche e raggi catodici.[4] Schmidt propose i suoi risultati non solo a Berlino, [5] ma anche a Parigi con una *note* pubblicata nel maggio 1898, [6] quindi all'orizzonte di ricerca di Sklodowska non mancava un abile competitore, che anzi - a scampo di equivoci di priorità - si era spinto a pubblicare sugli stessi *Comptes Rendus*, il giornale per eccellenza della comunità scientifica parigina.

La comunità parigina

Un aspetto della situazione conosciuta di Sklodowska durante le sue prime ricerche, che non è stato sufficientemente sottolineato dalla letteratura secondaria, è l'intreccio di relazioni scientifiche e generazionali che traspare dalle comunicazioni di Sklodowska (che, ricordiamo, era nata nel 1867) e del marito Pierre Curie (1859-1906). Fin dalle indagini preliminari Sklodowska utilizzò uno strumento per misurare correnti debolissime (*vide infra*) messo a punto da Pierre con il fratello Jacques Curie (1855-1941). Nelle tre comunicazioni del 1898 troviamo diversi riferimenti a scienziati francesi che possiamo commentare brevemente. Nel contributo del 12 aprile sono citati nell'ordine: Henri Moissan (1852-1907), Alfred Lacroix (1863-1948), Eugène Anatole Demarçay (1852-1904), Georges Sagnac (1869-1928); i primi tre in nota, il quarto nel testo.[#] La prima *note* venne comunicata all'Accademia da Gabriel Lippmann (1845-1921), le due successive dallo scopritore stesso dei raggi uranici Henri Becquerel (1852-1908); entrambi i membri dell'Accademia che abbiamo appena citato avranno il premio Nobel per la fisica: Lippmann nel 1908 per la messa a punto di un metodo di fotografia a colori (nel 1891); Becquerel nel 1903, insieme ai coniugi Curie. Anche Moissan avrà il suo premio Nobel, questa volta per la chimica, nel 1906, per l'isolamento del fluoro elementare (1886) e per la costruzione di un forno elettrico particolare, utilizzato, tra l'altro, per la preparazione dell'uranio metallico fornito sia a Becquerel, sia a Sklodowska. Lacroix,

geologo e mineralista, diventerà uno degli esponenti più in vista della scuola francese. [7] Demarçay, che collaborerà attivamente alle ricerche di Sklodowska e Pierre Curie, era un ottimo spettroscopista e come molti chimici operanti in questo campo si interessava al problema delle terre rare, apparentemente inesauribile e critico per una sistemazione coerente del sistema periodico; Sagnac avrà il momento più alto delle sue ricerche di fisica fondamentale nel 1913 quando realizzerà misure ottiche in relazione alla teoria della relatività. Nella comunicazione del 18 luglio viene citato in nota G. Bémont, direttore dei laboratori chimici dell'École Municipale, e nel testo, più volte, Demarçay. Nel terzo contributo, del 26 dicembre, Bémont diventa un co-autore, Demarçay ha un forte rilievo nel testo, e finalmente, viene citato anche un non-francese, in una nota finale, quando i tre Autori ringraziano l'austriaco Eduard Suess (1831-1914), autore famosissimo di opere monumentali di geologia, per l'invio *à titre gracieux* di 100 kg di residui di lavorazione della pechblenda di Joachimsthal. Sul senso di alcune di queste citazioni torneremo fra poco, qui sottolineiamo solo la *chiusura* del mondo scientifico a cui fanno riferimento Sklodowska e Pierre Curie. Nel laboratorio della École Municipale de Physique et de Chimie Industrielles non si utilizzarono né pratiche sperimentali, né modelli teorici che non fossero nati in Francia.

Il laboratorio della École Municipale de Physique et de Chimie Industrielles

La nostra comprensione del contesto di ricerca di Sklodowska e Pierre Curie sarebbe gravemente lacunosa se non tenessimo conto delle condizioni materiali in cui i due sposi-ricercatori si trovarono ad operare. La struttura fisica del loro laboratorio è entrata nella leggenda della ricerca sperimentale per le condizioni miserabili dell'ambiente messo a loro 'disposizione', in particolare per le lunghe, faticose e nocive operazioni di separazione dei nuovi elementi dalla massa di scorie di lavorazione inviate da Vienna. Qui possiamo affidarci alla descrizione della stessa Sklodowska:

"A questo scopo [della separazione] eravamo equipaggiati in modo del tutto

144 [#] In nota viene menzionato anche un certo *monsieur* Étard, della École Municipale, che aveva fornito alla nostra chimica i sali e gli ossidi puri utilizzati nelle prove di emissione e nella sintesi della calcolite.

insufficiente. Era necessario sottoporre grande quantità di minerale ad un preciso trattamento chimico. Non avevamo soldi, nessun laboratorio adatto, nessun aiuto personale per la nostra grande e difficile impresa. Fu come creare qualcosa dal nulla [...].

La École non poteva darci nessun ambiente adatto, ma in mancanza di meglio il Direttore ci permise di utilizzare un capannone abbandonato che era servito come sala anatomica della Scuola di Medicina. Il suo tetto di vetro non offriva un riparo completo contro la pioggia; il calore era soffocante d'estate, e il freddo intenso dell'inverno era attenuato un po' solo nelle immediate vicinanze della stufa di ferro. Non era stato possibile ottenere gli apparecchi adatti, di uso comune dei chimici. Avevamo solo qualche tavola di pino, con delle fornaci e dei bruciatori per il gas. Dovevamo usare il cortile annesso per quelle operazioni chimiche che coinvolgevano la produzione di gas irritanti; anche allora i gas, spesso, riempivano il capannone. Con queste attrezzature avviammo il nostro faticosissimo lavoro.

Tuttavia fu in questo miserabile vecchio capannone che passammo i migliori e più felici anni della nostra vita.**

Le ricerche di Sklodowska erano iniziate il 16 dicembre 1897, tre mesi dopo la nascita della figlia Irène.^o Allora non vi era il sospetto ma solo la speranza che altre sostanze presentassero la stessa fenomenologia dei sali di uranio. Appena un mese dopo, il 20 gennaio 1898, Sklodowska cominciò ad utilizzare il dispositivo sperimentale messo a punto fin dal 1880 dai due fratelli Curie. Uno schema è dato in figura 1; una versione più tarda della componente piezoelettrica dell'apparecchio è riportata in figura 2.

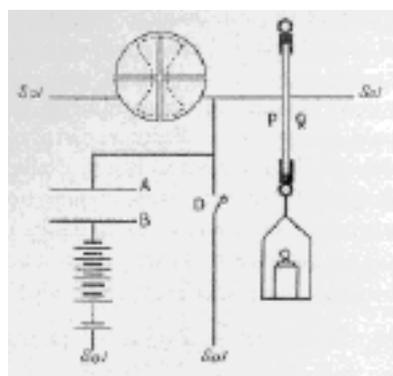


Figura 1

La sostanza in esame veniva deposta sul piatto inferiore (B) di un condensatore che funzionava come
 Novembre - Dicembre 2000

camera di ionizzazione; all'interno si poteva creare una differenza di potenziale fino a 100 volt mediante una batteria di accumulatori. In presenza di radiazioni ionizzanti si misurava una debole corrente (dell'ordine dei picoampere) che veniva portata fino a saturazione aumentando la differenza di potenziale fra le piastre. L'elettrometro serviva solo come misura dello zero, quando le cariche sulle piastre erano compensate da quelle prodotte mediante l'effetto piezoelettrico,** prodotto su un cristallo di quarzo da pesi aggiunti progressivamente sul piatto, indicato in figura 1 e ben visibile in figura 2.

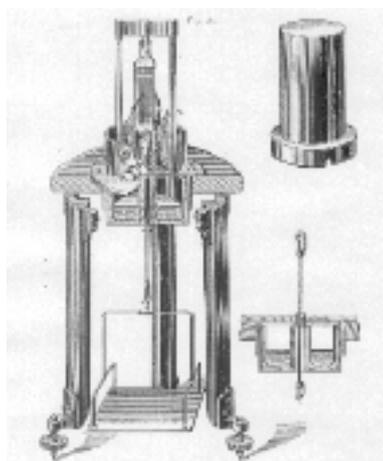


Figura 2 Elettrometro con quarzo piezoelettrico.
 [M.Curie, *Traité de radioactivité*, Paris: Gauthier-Villars, 1910, p. 98]

Come si vede dai risultati presentati nella prima memoria non solo lo strumento era sensibilissimo, ma permise a Sklodowska di misurare *quantitativamente* l'attività ionizzante delle diverse sostanze esaminate. In figura 3 vediamo i coniugi Curie in laboratorio, mentre Sklodowska determina lo zero dell'elettrometro a quadrante ponendo pesi (abbastanza cospicui) sul piatto che ha davanti a sé.

L'accesso ai *Comptes Rendus*

Un ultimo punto deve essere considerato per comprendere il 'taglio' quasi stenografico delle tre notes mandate ai *Comptes Rendus* dai coniugi Curie nel 1898, e cioè la funzione e lo stile (nazionale) del giornale su cui i contributi furono pubblicati. La testata era tra le più prestigiose a livello internazionale, e nella sua completezza recitava: *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*; si trattava quindi di un rendiconto settimanale. Gli accademici leggevano i contributi propri, o a loro affidati per la presentazione, e *dopo dieci giorni* la note era a stampa, e poteva essere letta in breve tempo da tutto il mondo scientifico. L'ovvia concisione, già necessaria affinché si potesse realizzare una pubblicazione così rapida di contributi provenienti da tutte le discipline scientifiche, era poi esaltata dal dominante *credo* positivista, che avrebbe voluto affidare ai dati sperimentali

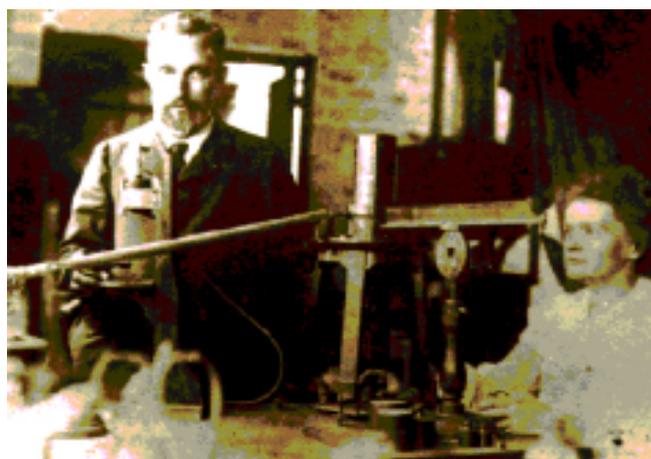


Figura 3 I coniugi Curie mentre usano l'elettrometro piezoelettrico

* Cit. dal rif. [3], p. 8.

^o Irène era nata il 12 settembre 1897.

** L'effetto piezoelettrico era stato scoperto dai fratelli Curie nel 1880, quando Pierre era un giovanissimo assistente del laboratorio di fisica della Facoltà di Scienze parigina e Jacques era un tecnico del laboratorio di mineralogia. Il dispositivo a quarzo piezoelettrico permette di produrre una carica elettrica di cui è noto il valore assoluto.

il compito di parlare da sé. È tuttavia scontato che Sklodowska e Pierre Curie non furono alieni da fare le loro brave (sintetiche) congetture su quanto stavano trovando, come si può leggere direttamente nei testi che sono stati tradotti, e come sottolineeremo nelle brevi osservazioni della prossima sezione.

I tre testi del 1898

Abbiamo raccolto qui di seguito alcune notizie e osservazioni che potrebbero agevolare la lettura dei tre contributi che sono stati tradotti per *CnS*. La traduzione della *note* del 12 aprile 1898 è stata pubblicata con il primo articolo di questa serie.

La nota del 12 aprile

In generale i minerali che compaiono nel *Tableau* compilato da Sklodowska sono (ed erano) piuttosto esotici. Tralasciando quelli di cui l'Autrice cita la composizione nel testo ricordiamo alcuni dati essenziali: *autunite*, fosfato di calcio e uranio; *toriti*, silicati di torio con contenuto variabile di uranio; *orangite*, una varietà arancione di torite; *samarskite*, ossido di ittrio, niobio, tantalio, cerio, uranio, ferro e titanio; *fergusonite*, niobato di ittrio, cerio e neodimio; *monazite*, fosfato con contenuti variabili di cerio, lantanio, ittrio e torio; *xenotime*, fosfato di ittrio; *niobite*, niobato e tantalato di ferro e manganese; *eschinite*, ossido di cerio, calcio, ferro, torio, titanio e niobio; *cleveite*,[#] ossido di uranio, piombo, bario e cerio. I punti scientificamente più rilevanti del breve articolo sono la scoperta della forte attività del torio, e la maggiore attività di certi minerali di uranio rispetto all'uranio metallico, che denuncia così la presenza di 'impurezze' che potrebbero risultare essere elementi chimici ancora non noti. La comunicazione si conclude con un forte rilievo dato alla analogia fra i raggi uranici e i raggi secondari che emergono dai punti di impatto dei raggi X. L'intera analogia si basa sugli studi condotti da Georges Sagnac, un giovane fisico, coetaneo di Sklodowska. La *note* è firmata M^{me} Sklodowska Curie.

La nota del 18 luglio

Nel secondo contributo Sklodowska e Pierre Curie confermano la presen-

za nella pechblenda di un nuovo elemento. Gli Autori sottolineano che le procedure chimiche di separazione sono state accompagnate e guidate dalle misure condotte con l'elettrometro piezoelettrico, in modo da avere un'indicazione quantitativa, ovvero un numero (*un nombre*), come dicono loro stessi. Il metodo di separazione seguito inizialmente è quello dell'analisi qualitativa tradizionale, il cui schema risaliva alle proposte di Karl Remigius Fresenius (1818-1897). Nella *note* gli Autori dichiarano di aver esaminato la possibile attività di quasi tutti i corpi semplici. Non sono avanzate congetture sulla natura della 'radioattività', ma nella discussione finale fanno un insistito riferimento alle ricerche dello spettroscopista Demarçay, che aveva evidenziato le particolarità dello spettro atomico dell'uranio, del torio e del tantalio (a quest'ultimo gli Autori attribuivano una possibile, debole attività). La *note* è ora firmata da M. P. Curie e M^{me} S. Curie. È singolare il fatto che il cognome Sklodowska sia ridotto ad un'iniziale puntata, come se fosse un nome proprio.

La nota del 26 dicembre

Il terzo contributo fu presentato all'instancabile *Académie* il giorno di Santo Stefano. Come dono alla scienza Becquerel portava la scoperta del radio. Al momento dell'annuncio gli Autori sono ancora molto lontani dall'essere riusciti a separare il radio dal bario, le cui proprietà chimiche sono replicate nel nuovo elemento. Tuttavia i risultati di due metodi fisici distinti sono di qualche conforto. La determinazione dell'attività ionizzante ha stabilito che al termine di numerose cristallizzazioni frazionate un certo cloruro è 900 volte più attivo dell'uranio metallico, mentre gli spettri, in un primo tempo indistinguibili da quelli del bario, hanno presentato a partire da un campione 60 volte più attivo dell'uranio, una nuova (sospirata)

riga. Lo spettroscopista è ovviamente Demarçay, che in una nota stampata subito dopo quella dei nostri Autori, afferma recisamente che "la riga 3814,8 conferma l'esistenza, in piccola quantità, di un nuovo elemento nel cloruro di bario di M. e M^{me} Curie".[8] La *note* del 26 dicembre è firmata da M. P. Curie, M^{me} P. Curie, e M. G. Bémont. Secondo l'uso corrente Sklodowska ha perso completamente la propria identità anagrafica, diventando semplicemente la parte femminile (M^{me}) di *monsieur* Pierre Curie. Sottolineiamo che questa abitudine, che a noi risulta fastidiosa, era veramente radicata nel costume del tempo, tanto che gli stessi coniugi Curie riferendosi, nelle due note scritte insieme, alla prima, di pugno della sola Sklodowska, la attribuiscono la prima volta correttamente a M^{me} Sklodowska Curie, la seconda a M^{me} P. Curie, senza rispettare la fedeltà bibliografica.** Sono curiosi i tempi della trasformazione: Marya e Pierre si erano sposati nel 1895, all'inizio del 1898 Marya aveva ancora un'individualità, verso la fine dell'anno l'aveva, a livello ufficiale, persa completamente.

Su una nuova sostanza radioattiva, contenuta nella pechblenda.ⁱ

Nota di M. P. Curie e di M^{me} S. Curie, presentata da M. Becquerel

Alcuni minerali contenenti uranio e torio (pechblenda, calcolite, uranite) sono molto attivi dal punto di vista dell'emissione dei raggi di Becquerel. In un lavoro precedente uno di noi due ha dimostrato che la loro attività è anche maggiore di quella dell'uranio e del torio, e ha espresso l'opinione che questo effetto fosse dovuto a qualche altra sostanza molto attiva intrappolata in piccola quantità in questi minerali.ⁱⁱ Lo studio dei composti dell'uranio e del torio aveva dimostrato, infatti, che la proprietà di emettere raggi che

[#] Questo minerale ha rilevanza storica per un secondo episodio, è stato infatti un elemento determinante nella scoperta dell'elio.

** Si confrontino le note ii e vi

ⁱ Questo lavoro è stato eseguito all'*École municipale de Physique et de Chimie industrielles*. Ringraziamo particolarmente M. Bémont, capo dei lavori di chimica, per i consigli e l'aiuto che ha gentilmente voluto darci.

ⁱⁱ M^{me} Sklodowska Curie, *comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1101.

rendono l'aria conduttrice e che agiscono sulle lastre fotografiche, è una proprietà specifica dell'uranio e del torio che si ritrova in tutti i composti di questi metalli, tanto più debole quanto la percentuale di metallo attivo nel composto è essa stessa minore. Lo stato fisico delle sostanze sembra avere un'importanza del tutto secondaria. Diverse esperienze hanno dimostrato che lo stato di miscela delle sostanze non sembra agire che facendo variare la proporzione dei corpi attivi e l'assorbimento prodotto dalle sostanze inerti. Alcune cause (quali la presenza di impurezze) che agiscono così fortemente sulla fosforescenza o la fluorescenza sono dunque qui del tutto senza effetto. Diviene quindi molto probabile che, se certi minerali sono più attivi dell'uranio e del torio, è perché racchiudono una sostanza più attiva di questi metalli.

Noi abbiamo cercato di isolare questa sostanza nella pechblenda, e l'esperienza ha confermato le previsioni che precedono.

Le nostre esperienze chimiche sono state costantemente guidate dal controllo dell'attività radiante dei prodotti separati ad ogni passaggio.

Ogni prodotto è posto su uno dei piatti del condensatore, e la conducibilità acquisita dall'aria è misurata con l'aiuto di un elettrometro e di un quarzo piezoelettrico, come nel lavoro citato sopra. Abbiamo così non solo un'indicazione, ma un numero che rende conto della ricchezza del prodotto in sostanza attiva.

La pechblenda che noi abbiamo analizzato era circa due volte e mezzo più attiva dell'uranio nei nostri apparecchi a piatti. L'abbiamo attaccata con acidi, e abbiamo trattato la soluzione ottenuta con idrogeno solforato. L'uranio ed il torio restano nella soluzione. Abbiamo riconosciuto le fasi seguenti:

i solfuri precipitati contengono una sostanza molto attiva contemporaneamente a piombo, bismuto, rame, arsenico, antimonio.

Questa sostanza è del tutto insolubile in solfuro d'ammonio che la separa dall'arsenico e dall'antimonio.

Essendo i solfuri insolubili nel solfuro d'ammonio disciolti in acido azotico,^(#) la sostanza attiva potrebbe essere non completamente separata dal piombo tramite l'acido solforico. Trattando il

solfato di piombo con l'acido solforico diluito, si riesce a dissolvere in gran parte la sostanza attiva trascinata con il solfato di piombo.

La sostanza attiva che si trova in soluzione con il bismuto ed il rame è completamente precipitata dall'ammoniaca, cosa che la separa dal rame. Finalmente il corpo attivo resta con il bismuto.

Non abbiamo ancora trovato alcun procedimento quantitativo per separare la sostanza attiva dal bismuto per via umida. Abbiamo tuttavia effettuato delle separazioni incomplete basate sui seguenti fatti:

nella dissoluzione dei solfuri tramite l'acido azotico, le frazioni più facili da disciogliere sono le meno attive.

Nella precipitazione dei sali con l'acqua le prime frazioni precipitate sono di gran lunga le più attive.

Abbiamo osservato che scaldando la pechblenda si ottenevano per sublimazione dei prodotti molto attivi. Questa osservazione ci ha condotti ad un procedimento di separazione basato sulla differenza di volatilità del solfuro attivo e del solfuro di bismuto. Si scaldano i solfuri sotto vuoto in un tubo di vetro di Boemia a circa 700°. Il solfuro attivo si deposita sotto forma di incrostazione nera nelle parti del tubo che sono a 250-300°, mentre il solfuro di bismuto resta nelle parti più calde.

Effettuando queste diverse operazioni si ottengono dei prodotti ogni volta più attivi. Infine abbiamo ottenuto una sostanza la cui attività è circa 400 volte maggiore di quella dell'uranio. Abbiamo cercato, fra i corpi attualmente conosciuti, se ce ne sono di attivi. Abbiamo esaminato composti di quasi tutti i corpi semplici; grazie alla grande cortesia di molti chimici, abbiamo avuto campioni delle sostanze più rare. L'uranio ed il torio sono i soli veramente attivi, il tantalio lo è forse molto debolmente.

Crediamo dunque che la sostanza che abbiamo estratto dalla pechblenda contenga un metallo non ancora segnalato, vicino al bismuto per le sue proprietà analitiche. Se l'esistenza di questo nuovo metallo sarà confermata, proponiamo di chiamarlo *polonio*, dal nome del paese d'origine di uno di noi.

ⁱⁱⁱ La singolarità di questi tre spettri è segnalata nella bella pubblicazione di M. Demarçay: *Spectres électriques*, 1895.

^{iv} Questo lavoro è stato eseguito all'École municipale de Physique et de Chimie industrielles

^v M. P. Curie e M^{me} P. Curie, *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 175.

M. Demarçay ha gentilmente voluto esaminare lo spettro dei corpi che noi studiamo. Non ha potuto distinguere alcun raggio caratteristico al di fuori di quelli dovuti alle impurezze. Questo fatto non è favorevole all'idea dell'esistenza di un nuovo metallo. Tuttavia, M. Demarçay ci ha fatto notare che l'uranio, il torio ed il tantalio danno spettri particolari, formati da innumerevoli righe, molto fini, difficili da percepire.ⁱⁱⁱ

Ci sia permesso di far notare che se l'esistenza di un nuovo corpo semplice sarà confermata, questa scoperta sarà unicamente dovuta al nuovo procedimento d'analisi fornitoci dai raggi di Becquerel.

Su una nuova sostanza fortemente radioattiva contenuta nella pechblenda^{iv}

Nota di M. P. Curie, di M^{me} P. Curie e di M. G. Bémont, presentata da M. Becquerel

Due di noi hanno mostrato che, attraverso procedimenti puramente chimici, si poteva estrarre dalla pechblenda una sostanza fortemente radioattiva. Questa sostanza è vicina al bismuto per le sue proprietà analitiche. Abbiamo espresso l'opinione che la pechblenda contenga forse un elemento nuovo, per il quale abbiamo proposto il nome di polonio.^v

Le ricerche che seguiamo attualmente sono in accordo con i primi risultati ottenuti; ma, nel corso di queste ricerche, abbiamo trovato una seconda sostanza fortemente radioattiva e completamente differente dalla prima per le sue proprietà chimiche. Infatti, il polonio è precipitato in soluzione acida dall'idrogeno solforato; i suoi sali sono solubili negli acidi, e l'acqua li precipita da queste soluzioni; il polonio è completamente precipitato dall'ammoniaca.

La nuova sostanza radioattiva che abbiamo trovato ha tutte le caratteristiche chimiche del bario quasi puro: non è precipitato né dall'idrogeno solforato, né dal solfuro d'ammonio, né dall'ammoniaca; il solfato è insolubile nell'acqua e negli acidi; il carbonato è insolubile nell'acqua; il cloruro, molto solubile in acqua, è insolubile nell'acido cloridrico concen-

trato e nell'alcol. Infine questa sostanza dà lo spettro del bario, facile da riconoscere.

Crediamo tuttavia che questa sostanza, sebbene costituita per la maggior parte da bario, contenga in più un elemento nuovo che gli comunica la radioattività e che, d'altra parte, è molto vicino al bario per le sue proprietà chimiche.

Ecco le ragioni che depongono a favore di questo modo di vedere:

1° Il bario ed i suoi composti non sono normalmente radioattivi; ora uno di noi ha dimostrato che la radioattività sembrava essere una proprietà atomica, persistente in tutti gli stati chimici e fisici della materia.^{vi} In questa maniera di vedere la radioattività della nostra sostanza, non essendo dovuta al bario, deve essere attribuita ad un altro elemento.

2° Le prime sostanze che abbiamo ottenuto avevano, allo stato di cloruri idrati, una radioattività 60 volte maggiore di quella dell'uranio metallico (avendo valutato l'intensità radioattiva tramite il valore della conducibilità dell'aria nel nostro apparecchio a piatti). Dissolvendo questi cloruri in acqua e precipitandone una parte con l'alcol, la parte precipitata è molto più attiva di quella che resta disciolta. Si può, basandosi su questo fatto, operare una serie di frazionamenti che permettono di ottenere dei cloruri di volta in volta più attivi. Abbiamo ottenuto così dei cloruri aventi un'attività 900 volte maggiore di quella dell'uranio. Siamo stati fermati dalla mancanza di sostanza, e, dall'andamento delle operazioni, si può prevedere che l'attività sarebbe ancora aumentata se avessimo potuto continuare. Questi fatti possono spiegarsi con la presenza di un elemento radioattivo, il cui cloruro sarebbe meno solubile nell'acqua alcolizzata di quello del bario.

3° M. Demarçay ha di buon grado voluto esaminare lo spettro della nostra sostanza con una gentilezza del-

la quale non sapremo mai ringraziarlo abbastanza. I risultati del suo esame sono esposti in una Nota speciale che segue la nostra. M. Demarçay ha trovato nello spettro una riga che non sembra dovuta ad alcun elemento conosciuto. Questa riga, appena visibile con il cloruro 60 volte più attivo dell'uranio, è divenuta notevole con il cloruro arricchito per frazionamento fino ad un'attività di 900 volte quella dell'uranio. L'intensità di questa riga aumenta dunque contemporaneamente alla radioattività, ed è questa, pensiamo, una ragione molto valida per attribuirle alla parte radioattiva della nostra sostanza.

Le diverse ragioni che abbiamo enumerato ci portano a credere che la nuova sostanza radioattiva racchiuda un elemento nuovo, al quale proponiamo di dare il nome di *radio*.

Abbiamo determinato il peso atomico del nostro bario attivo, dosando il cloro nel cloruro anidro. Abbiamo trovato dei valori che differiscono molto poco da quelli ottenuti parallelamente con il cloruro di bario inattivo; tuttavia i valori per il bario attivo sono sempre leggermente maggiori, ma la differenza è dell'ordine di grandezza degli errori sperimentali.

La nuova sostanza radioattiva racchiude certamente una forte proporzione di bario; malgrado questo, la radioattività è notevole. La radioattività del radio deve dunque essere enorme.

L'uranio, il torio, il polonio, il radio ed i loro composti rendono l'aria conduttrice di elettricità ed agiscono fotograficamente sulle lastre sensibili. Da questi due punti di vista, il polonio ed il radio sono considerevolmente più attivi dell'uranio e del torio. Sulle lastre fotografiche si ottengono delle buone immagini con il radio ed il polonio in un mezzo minuto di posa; occorrono molte ore per ottenere lo stesso risultato con l'uranio ed il torio.

I raggi emessi dai composti del

polonio e del radio rendono fluorescente il platinocianuro di bario; la loro azione, da questo punto di vista, è analoga a quella dei raggi di Röntgen, ma considerevolmente più debole. Per fare l'esperienza, si pone sulla sostanza attiva un foglio molto sottile d'alluminio, sul quale è posto uno strato sottile di platinocianuro di bario; nell'oscurità il platinocianuro appare debolmente luminoso di fronte alla sostanza attiva.

Si realizza così una fonte di luce, a dire il vero molto debole, ma che funziona senza sorgente d'energia. C'è qui una contraddizione, almeno apparente, con il principio di Carnot.

L'uranio ed il torio non danno alcuna luce in queste condizioni, essendo probabilmente la loro azione troppo debole.^{vii}

Bibliografia

[1] H. Becquerel, "Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents", *C. R. Acad. Sci., Paris*, **122**, pp. 501-503 (1896).

[2] H. Becquerel, "Émission des radiations nouvelles par l'uranium métallique", *C. R. Acad. Sci., Paris*, **122**, pp. 1086-1088 (1896); il campione, a forma di disco, era stato preparato da Moissan: H. Moissan, "Préparation et propriétés de l'uranium", *C. R. Acad. Sci., Paris*, **122**, pp. 1088-1093 (1896).

[3] M. Mladjenovic, *The History of Early Nuclear Physics (1896-1931)*, Singapore: World Scientific, 1992, p. 4.

[4] L. Badash, "The Discovery of Thorium's Radioactivity", *J. Chem. Ed.*, **43**, pp. 219-220 (1966).

[5] G.C. Schmidt, "Ueber die vom Thorium and den Thorverbindungen ausgehende Strahlung", *Verhandlungen der physikalische Gesellschaft zu Berlin*, **17**, pp. 14-16 (1898).

[6] G.C. Schmidt, "Sur les radiations émises par le thorium et ses composés", *C. R. Acad. Sci., Paris*, **126**, pp. 1264 (1898).

[7] Tutte le notizie su questi scienziati francesi sono tratte da: R. Taton (a cura di), *La Science Contemporaine. Volume II. Le XXe Siècle*, Paris: PUF, 1983, *passim*.

[8] E. Demarçay, "Sur le spectre d'une substance radio-active", *C. R. Acad. Sci., Paris*, **127**, p. 1218 (1898).

^{vi} M^{me} P. Curie, *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1101.

^{vii} Ci sia permesso di ringraziare qui M. Suess, corrispondente dell'Istituto, professore all'Università di Vienna. Grazie al suo benevolo intervento abbiamo ottenuto dal governo austriaco l'invio, a titolo gratuito, di 100 Kg di un residuo del trattamento della pechblenda di Joachimsthal, non contenente più uranio, ma contenente polonio e radio. Questo invio faciliterà molto le nostre ricerche.

Il ruolo del concetto di gas nella costruzione delle basi della chimica

Riassunto

Dagli studi riportati da Cavallini e dalla Grimellini è evidente che lo stato gassoso presenta notevoli problemi cognitivi. Noi pensiamo che, per sviluppare un lavoro didattico significativo sui gas si debba necessariamente partire dall'aria.. Facendo un'analisi di tipo storico ed epistemologico del concetto di materialità dell'aria, ci si rende conto che lo studio di questo tema non può essere affrontato prima del biennio delle scuole medie superiori. La semplice esecuzione dell'esperienza di Torricelli, senza alcuna contestualizzazione, non porta a nessuna comprensione significativa. Con l'esperienza di Boyle, s'introduce un altro fattore importante per la comprensione del comportamento dei gas, l'elasticità dell'aria. Una volta stabilito che l'aria è materia perché ha un peso, un volume, esercita una pressione, si può dimostrare che è chimicamente attiva, rifacendosi alle esperienze di Black sull'aria fissa.

Introduzione

Questo lavoro ha lo scopo di presentare in modo diverso da quello usualmente proposto dai libri di testo, la chimica dei gas a livello di biennio della scuola media superiore. Analizzando la letteratura che riporta le concezioni di bambini e adolescenti sullo stato gassoso, prima e dopo l'insegnamento fatto in maniera tradizionale, e tenendo conto dell'esperienza quotidiana nelle classi, non si possono dare per scontati concetti come il peso, il peso specifico, la pressione dei gas. Si deve per prima cosa stabilire la materialità dell'aria. Questo concetto verrà chiarito utilizzando il suo contrario: il vuoto. La stessa storia del pensiero scientifico e filosofico ci

ELEONORA AQUILINI (*)

dimostra quanto tale concetto sia ostico e quanto sia resistente la convinzione razionale ed emotiva che il vuoto sia impossibile. Il filo conduttore sarà l'esistenza del vuoto. Una volta stabilita la materialità dell'aria, si seguirà il cammino storico che ha portato ad individuare la prima "aria" diversa da quella atmosferica, l'aria fissa. L'aria diventa qualcosa di chimicamente attivo.

Non si tratta di sostituire l'insegnamento della chimica con quello della storia della chimica, ma di tenere conto della storia del pensiero utilizzando quello che è utile per la comprensione. Tenendo presente il nesso che può esistere fra la filogenesi e l'ontogenesi, non ci stupiremo del fatto che, ad esempio, la comprensione dell'esperienza di Torricelli presentata per gli alunni gli stessi problemi cognitivi che presentava per gli uomini del Sei-Settecento.

Ritengo che costruire i significati all'interno dell'insegnamento scientifico, sia comunque un atto creativo che deve essere supportato da strumenti diversi da quelli tecnici che competono alle specifiche discipline. A questo proposito le parole di Bruner sono decisive rispetto alla necessità del "fare significato", che è il senso prioritario dell'insegnamento: ".....Può darsi che abbiamo sbagliato staccando la scienza dalla narrazione della cultura.....Un sistema educativo deve trovare un'identità al suo interno. Se questa identità manca, l'individuo incalpa nell'inseguimento di un significato. Solo la narrazione consente di costruirsi un'identità e di trovare un posto nella propria cultura." (1)

Insegnare le scienze in modo significativo vuol dire quindi contestualizzare, mettere in relazione le leggi, le teorie con le idee degli uomini di un'epoca. Di solito non lo si fa, si danno una serie di definizioni a sco-

po addestrativo, che mediamente restano in mente agli alunni giusto il tempo per rispondere all'interrogazione. Nell'insegnamento di tipo scientifico usuale poco resta di significativo dal punto di vista culturale almeno a livello di scuola media superiore. La narrazione delle idee, del pensiero nel tempo, ha bisogno della storia. I saperi si integrano attraverso "la storia" e la storia è scritta dai saperi.

Preconcezioni e concezioni di senso comune dei bambini sui gas

Lo stato gassoso presenta notevoli problemi cognitivi. Da ricerche fatte con bambini ed adolescenti emerge che concezioni alternative e punti di vista lontani da quelli oggi accreditati sono molto diffusi. Per quanto riguarda il concetto di "stato gassoso" già Piaget nel 1929 nel libro "La rappresentazione del mondo nel fanciullo" (2) aveva notato che il termine gas è piuttosto estraneo e caso mai si riferisce solo al gas combustibile. La parola aria, specie nel senso di brezza è nota fin dalla più tenera età e spesso viene associata a cose invisibili, come lo spirito, i sogni, il pensiero.

Dagli studi riportati da Cavallini (3) e dalla Grimellini (4), è evidente che:

- 1) per i bambini fino a 10 anni l'idea di gas è legata all'aria in movimento (si tende a negarne l'esistenza quando è ferma).
- 2) bambini di 11-12 anni associano anch'essi l'aria al movimento, sono in grado di comprendere che una certa quantità di aria si conserva a temperatura costante, hanno difficoltà a fare previsioni di comportamento, quando vi sono cambiamenti di temperatura;
- 3) molti bambini e ragazzi hanno l'idea di pressione del gas, perché ne hanno sentito parlare, ma non sono capaci di utilizzarla per spiegare alcun fenomeno;
- 4) l'aria per molti non ha peso, altri pensano che una gran quantità d'aria aumenti la "leggerezza";
- 5) mediamente non vi è acquisizione del concetto di struttura particellare

(*) Gruppo di ricerca e sperimentazione didattica in educazione scientifica del CIDI di Firenze; Aquilini Eleonora

e-mail: ele.aquilini@tin.it

dei gas, neanche dopo lo studio scolastico. Bambini di 12-13 anni continuano a pensare la materia come compatta, continua, oppure discreta ma con idee alternative (non si applica la teoria cinetica).

A questo proposito, è interessante il lavoro di Novick e Nussbaum riportato dalla Grimellini (4)

Lo scopo era quello di capire fino a che punto studenti israeliani di 14 anni che avevano ricevuto l'anno precedente un insegnamento dedicato alla struttura particellare della materia, erano in grado di applicare i diversi aspetti del modello particellare per spiegare semplici fenomeni fisici dei gas. In particolare si volevano mettere in evidenza i seguenti aspetti:

- 1) la materia è fatta di particelle;
- 2) le particelle di gas sono uniformemente distribuite in uno spazio chiuso.

Il primo esperimento consisteva nell'evacuazione parziale dell'aria da una bottiglia

Agli allievi veniva chiesto di disegnare l'aria all'interno della bottiglia prima e dopo averne aspirata una parte. Gli allievi rispondevano ombreggiando certe regioni della bottiglia. (fig.1)

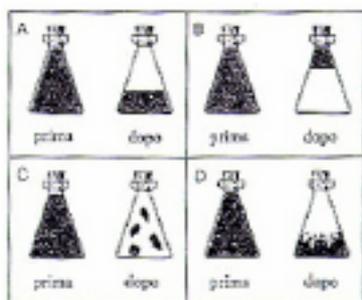


Figura 1 - Rappresentazioni continue della struttura dell'aria

o mettendo puntini indicando un modello continuo nel primo caso e un modello particellare nel secondo caso (fig.2).

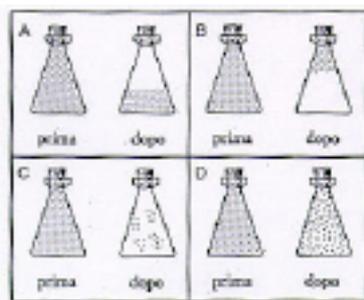


Figura 2 - Rappresentazioni particellari della struttura dell'aria

I tipi di rappresentazione ottenuti venivano poi mostrati a tutti gli alunni in modo da cercare di comprendere se, anche in caso di raffigurazione erronea, l'alunno sapeva comunque riconoscere come giusto il modello particellare. Inoltre ai "particellari" veniva chiesto di spiegare che cosa c'è tra i puntini nei disegni della figura. Ciò per mettere alla prova l'idea di spazio vuoto. Inoltre a tutti sono state fatte domande allo scopo d'indagare le idee circa il moto proprio delle particelle.

Lo studio ha condotto ai seguenti risultati:

- 1) il 64% degli alunni suggerisce che l'aria è fatta di particelle e il 74% sceglie come rappresentazione dell'aria il diagramma particellare (sono inclusi anche coloro che lo hanno scelto in seconda battuta);
- 2) Un alunno su sei fra i "particellari" crede che le particelle, dopo che una parte dell'aria è stata aspirata, non sono distribuite uniformemente, ma sono concentrate da qualche parte.
- 3) Il 45% dei "particellari" pensa che vi sia spazio vuoto fra le particelle. Gli altri pensano che ci dovrebbe essere "qualcosa" che per alcuni è polvere, per altri sono gas diversi come azoto e ossigeno, oppure sporco e germi e così via.

Gli autori concludono che la maggioranza degli alunni ha in mente un modello alternativo in cui la materia è concepita come continua e statica.

Risultati di questo tipo confermano che gli ostacoli cognitivi che si presentano nello studio dello stato gassoso sono notevoli. Noi pensiamo che, per sviluppare un lavoro didattico significativo sui gas si debba necessariamente partire dall'aria. Prima di introdurre un qualunque modello particellare è necessario quindi arrivare a concettualizzare la materialità dell'aria. Questa operazione non può essere fatta partendo soltanto da dati percettivi (non ci accorgiamo che l'aria pesa).

L'argomento è complesso e non può essere risolto esclusivamente con uno studio di tipo fenomenologico.

Analisi storico-epistemologica della nascita del concetto di gas

Facendo un'analisi di tipo storico ed epistemologico del concetto di materialità dell'aria, ci si rende conto che una buona comprensione di questo tema non può essere raggiunta prima del biennio delle scuole medie

superiori, questo perché il problema del peso dell'aria, primo punto da affrontare per materializzare l'aria, s'intreccia al problema dell'esistenza del vuoto (fig.3).



Figura 3

L'esperienza di Torricelli acquista un grande ruolo didattico, quando gli alunni sono in grado di recepire la differenza, il salto che ci può essere fra l'esperienza e il suo significato

Torricelli ebbe una grandissima intuizione nel ritenere che il comportamento del mercurio fosse dovuto al peso dell'aria. La famosa esperienza può essere considerata il punto di arrivo, la prova inconfutabile che mise fine alla polemica fra "pienisti" e "vacuisti". L'idea cardine della filosofia aristotelica era l'"horror vacui" e giustificava la fisica del moto. Il corpo lanciato è continuamente spinto dall'aria, che lo sostiene, esercita una forza. Siccome la sua velocità aumenta all'aumentare della forza applicata e diminuisce con la resistenza che offre il mezzo, la sua velocità nel vuoto sarebbe infinita. Questa è una conseguenza talmente contraria al senso comune che Aristotele considera impossibile l'esistenza del vuoto. Una cosa da notare per non banalizzare il concetto di peso dell'aria è che verso il 1630, una caratteristica che accomunava tutti i vacuisti era che essi ammettevano il peso assoluto dell'aria ma non il peso dell'aria nell'aria (5). In altre parole il concetto di peso dell'aria

non portava naturalmente al concetto di pressione atmosferica. Lo stesso Galileo avendo saputo dai fontanieri di Firenze che le pompe aspiranti non riuscivano a sollevare l'acqua oltre 18 braccia, tentò di spiegare il fenomeno sostituendo all'antico "horror vacui", la forza del vuoto, cioè *la resistenza misurata da una colonna d'acqua alta 18 braccia, offerta dal vuoto prima di potersi produrre* (5). Quando a Galileo venne manifestato da parte di Baliani¹ il dubbio che sul comportamento dei sifoni potesse essere implicato il peso dell'aria, Galileo non ammise che questo potesse avere ragione ma gli storici suppongono che ne parlò a Torricelli.

Scriva Torricelli in una lettera a Michelangelo Ricci² l'11 giugno 1644 *"Questa forza che regge quell'argento vivo contro la sua naturalezza di ricadere giù, si è creduto fino adesso che sia interna al vaso, o di vacuo, o di quella roba sommamente rarefatta; ma io pretendo che la sia esterna e che la forza venga di fuori..."*

In una lettera del 28 giugno 1644 Torricelli risponde a Michelangelo Ricci che si domanda se la colonna di mercurio si sarebbe sostenuta anche chiudendo la bacinella, dicendo che chiudendo con un coperchio la vaschetta, il liquido non scenderà *perché l'aria rimasta nella vaschetta avrà la stessa condensazione dell'esterna allo stesso modo come, tagliando trasversalmente con un ferro il cilindro di lana compressa da un peso, la parte inferiore della lana rimane sempre compressa.*

Il significato dell'esperimento non si comprende facendo riferimento al senso comune, o alla percezione. Quello che convince gli alunni che Torricelli "aveva ragione" sono gli esperimenti che sono seguiti a questo, fatti da lui stesso o dai suoi sostenitori per confutare, l'"horror vacui". Ripetendo¹ l'esperimento con "vasi" di forma diversa, il mercurio non si comportava in modo tale da lasciare meno vuoto possibile. Con liquidi diversi dal mercurio

occorrevano tubi di lunghezza diversa per bilanciare il peso dell'aria. Ragionando in questo modo si concretizzano, in relazione al peso dell'aria, concetti come il peso specifico e la pressione.

La semplice esecuzione dell'esperimento, senza alcuna contestualizzazione, dando per scontata la conclusione è invece non significativa, una nozione tra le tante, per gli alunni. La conclusione è infatti non evidente e non deducibile dall'osservazione. Si possono far riflettere gli alunni sul fatto che le grandi scoperte sono, come dice Popper (6), dovute a colpi di genio, ad intuizioni che sono spesso in netta contraddizione con il senso comune.

Con l'esperienza di Boyle, s'introduce un altro fattore importante per la comprensione del comportamento dei gas, l'elasticità dell'aria. L'aria è un fluido elastico che può essere compresso ed esiste una relazione di inversa proporzionalità fra pressione e volume. E' un'occasione importante quest'ultima per cogliere la regolarità di certi comportamenti, introdurre la legge che costituisce un esempio di utilizzo della matematica nella chimica.

Una volta stabilito che l'aria è materia perché ha un peso, un volume, esercita una pressione, si può dimostrare che è chimicamente attiva, rifacendosi alle esperienze di Black sull'aria fissa (7). Il concetto di pressione è un requisito fondamentale per la comprensione di questo punto. Lo strumento principale per la raccolta delle varie "arie" è infatti il bagno pneumatico ideato da Hales, il cui funzionamento, semplice ma geniale, si basa sul fatto che il cilindro rovesciato contiene acqua che non scende perché sostenuta dal peso dell'aria. Tale cilindro che è immerso in una bacinella d'acqua, è in grado di raccogliere la cosiddetta aria che si forma in una reazione chimica. Hales non fu in grado di distinguere i diversi gas che si ottenevano da queste trasformazioni, egli pensava che si trattasse sempre dello stesso gas, cioè dell'aria atmosferica. Il fatto che l'aria parteci-

pi a molte trasformazioni chimiche e sia chimicamente attiva è un'acquisizione concettuale fondamentale.

L'invenzione di Hales costituì l'atto di nascita del concetto di gas. Essa permette di sottolineare un aspetto fondamentale della scienza moderna contemporanea, rispetto a quella medievale e cioè che la natura, come ci dice Geymonat (8), non deve essere solo osservata ma interrogata: "La preparazione dell'esperimento non coinvolge soltanto un aspetto tecnologico, bensì anche uno essenzialmente teorico. Per porre una chiara interrogazione bisogna avere preventivamente un'idea delle risposte che si possono ottenere; bisogna cioè possedere, in via ipotetica, una teoria del fenomeno che si vuole indagare".

La prima aria che è stata caratterizzata come diversa dall'aria atmosferica è stata appunto l'aria fissa ottenuta per decomposizione termica del carbonato di calcio. Tale "aria", non mantiene la combustione, non permette la respirazione e precipita l'acqua di calce.

La calcinazione del calcare e l'invenzione di Hales ci permettono inoltre di evidenziare che la comprensione di un fenomeno è limitata se ci si colloca in modo passivo di fronte ad esso e che il dispositivo sperimentale opportuno è fondamentale per confermare le ipotesi. In questo caso il dispositivo sperimentale è molto semplice. Ciò che non è banale è l'utilizzo di questo dispositivo per raccogliere della materia non visibile, dell'"aria" prodotta da trasformazioni chimiche. La caratterizzazione di questa "aria" fu fatta da Black nel 1755 evidenziando che:

- 1) non mantiene la combustione,
- 2) non permette la respirazione,
- 3) forma un precipitato con l'acqua di calce.

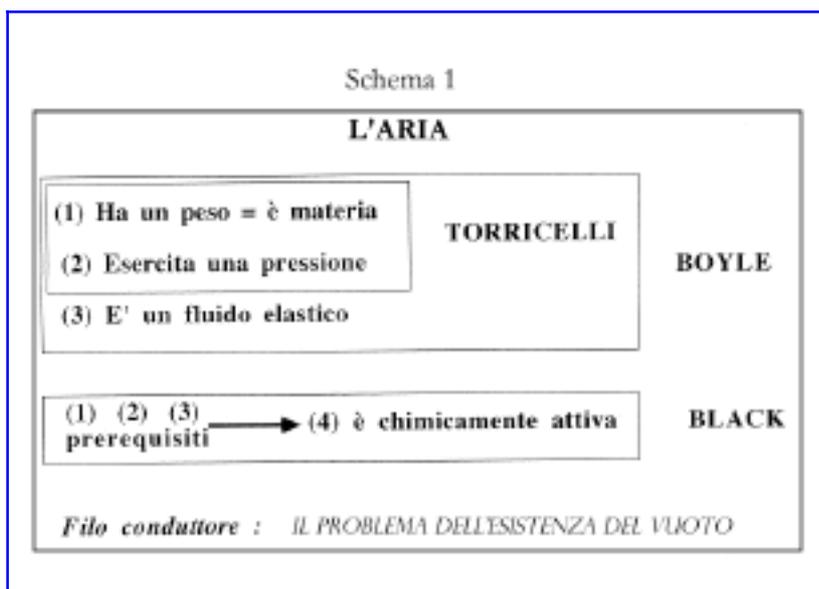
L'ipotesi dell'aria fissa di Black ha permesso di spiegare fenomeni come l'effervescenza e la caustificazione della soda e della potassa.

Idee ed esperienze per la progettazione di un modulo sull'aria

Il percorso proposto [10] è stato realizzato nelle prime classi di diversi Istituti Tecnici.

¹Giovan Battista Baliani (1582-1666), filosofo genovese. Con Galileo Galilei discusse sul comportamento dei sifoni e sull'esistenza del vuoto per via epistolare.

²Michelangelo Ricci (1619-1692), uomo coltissimo, amico e discepolo di Torricelli; era in corrispondenza con i maggiori scienziati e nel 1645 si recò a Parigi per ripetere l'esperimento "dell'argento vivo". In Francia il famoso curato Mersenne sosteneva comunque l'impossibilità del vuoto e attribuiva il fenomeno torricelliano al mercurio, corpo bastardo che non sa dove andare verso l'alto o verso il basso....



La sequenza che noi seguiamo è riassunta nello schema 1.

Prima parte: la materialità dell'aria

1) Esperienze semplici che introducono il problema dell'esistenza del vuoto (ad esempio si cerca di far uscire il pistone di una siringa tenendo tappato il foro in cui si mette l'ago),

2) Esecuzione dell'esperienza di Torricelli con discussione che di solito porta alla socializzazione dell'insuccesso della comprensione dell'alunno con i contemporanei di Torricelli. Per il nostro alunno è confortante sapere che i suoi ostacoli cognitivi sono quelli degli uomini del seicento (non si sente stupido)

3) Spiegazione di Torricelli circa la causa del dislivello di mercurio e narrazione delle altre esperienze di Torricelli fatte con tubi di forma diversa per dimostrare che la "paura del vuoto" non esiste.

4) La definizione di Pressione

5)Esercizi riguardanti problemi del tipo: "Se invece del mercurio c'è acqua, quanto deve essere lungo il tubo torricelliano?"

6) Pascal e il barometro

7) La pompa pneumatica (fig.4)

8) Esecuzione dell'esperienza di Boyle

9) La legge Pressione- volume

Seconda parte: l'aria è chimicamente attiva

1) Hales e il bagno pneumatico. Ci costruiamo il bagno pneumatico riempiendo un grosso cilindro di acqua.. Adesso capiamo perché l'acqua quando capovolgiamo il cilindro, non scende.

2) Black e l'aria fissa. Esperienze: produzione dell'aria fissa per decomposizione termica del calcare; caratterizzazione dell'aria fissa come "aria "diversa da quella atmosferica

3) La calce viva e la calce spenta; l'aria fissa entra nella calce ed esce dal calcare.

4) Che cos'è l'effervescenza?

5) La caustificazione della soda e della potassa.

Il lavoro svolto con gli alunni ha confermato in larga parte le aspettative in termini di acquisizione di contenuti .La proposta che coniuga l'analisi dei contenuti disciplinari con una riflessione di tipo storico-epistemologico ci è sembrato adeguato all'età degli alunni che hanno risposto con curiosità e interesse.

A mio avviso il lavoro descritto ha una valenza formativa notevole, soprattutto perché questa introduzione prosegue con lo studio dell'opera di Lavoisier. La crisi causata dalla "chimica delle arie" e dalla questione dei rapporti ponderali nella combustione e nella calcinazione dei metalli, ha poi portato alla comprensione relativa al coinvolgimento dell'aria nella combustione. Ciò ha comportato l'abbandono della teoria del flogisto ed ha costituito la rivoluzione chimica (10). Riteniamo che la nascita del concetto di gas non solo sia stato basilare per la nascita della chimica come scienza, ma sia un nodo concettuale chiave per la comprensione dello sviluppo della chimica come disciplina a livello di biennio della scuola media superiore.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare Q. Florio che ha realizzato con me questo percorso all'ITIS "G.Marconi" di Pontedera e l'amico e collega P. Robino per i consigli e le proficue discussioni.

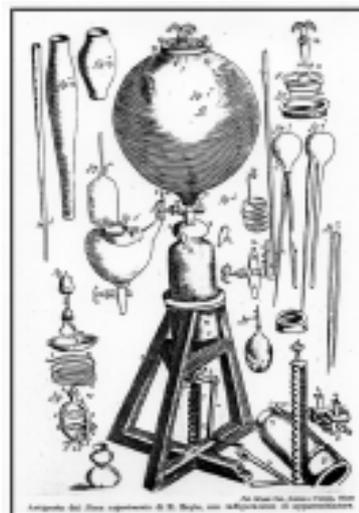


Figura 4

Bibliografia

- [1] J. Bruner, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997, p. 38-52
- [2] J. Piaget, *La rappresentazione del mondo nel fanciullo*, Edizioni Scientifiche Einaudi, Torino, 1955, p. 39-174
- [3] G. Cavallini, *La formazione dei concetti scientifici*, La Nuova Italia, Firenze, 1955, p. 38-52
- [4] N. Grimellini Tomasini e G. Segrè, *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, Firenze, 1991, p. 254-286
- [5] M. Gliozzi -M. Giua, *Storia delle scienze*, UTET, Torino, 1962, vol. II
- [6] Popper, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna, 1988, p. 176-177
- [7] F. Abbrì, *Le terre, l'acqua, le arie*, Il Mulino, Bologna, 1984, p. 169-184
- [8] L. Geymonat, *Lineamenti di filosofia della scienza*, Mondadori, Milano, 1985, p. 38-39
- [9] Dispense di Chimica di Carlo Fiorentini per il biennio della Scuola Media Superiore, disponibili presso in CIDI di Firenze.
- [10] T. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1995.

TRA DIDATTICA E DIVULGAZIONE: un'esperienza per avvicinare i giovani alla chimica

Relazione di M. Vittoria Massidda al XX Congresso della SCI - Rimini, 5 giugno 2000

Docente di chimica presso l'Istituto Tecnico per Attività Sociali (ex ITF) "Grazia Deledda" di Cagliari, coordinatrice del Gruppo di didattica chimica Università-Scuola.

Gruppo di lavoro:

Mario Cannas*, M. Giuseppa Chessa**, Patrizia Ciuccatosta**, Ivana Cocco**, Carlo De Rubeis*, Valentina Devoto**, Bruno Ferino**, Giovanni Licheri*, Rossana Loddo**, Carmen Mascia**, M. Vittoria Massidda**, M. Cristina Mereu**, Luigi Mura*, M. Grazia Scarpa**, Maria Aniella Spezziga**, Ugo Tuveri**.

Riassunto

Vengono qui presentate le attività che, a partire dal 1997 sono state progettate e realizzate a Cagliari per avvicinare i giovani, e non solo loro, alla chimica. Nate dalla riflessione sulla didattica, fanno parte di un progetto di collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università e gli insegnanti del Gruppo di Didattica Chimica Università-Scuola di Cagliari per la realizzazione di esperienze interattive da destinare ad un futuro Centro della Scienza.

Abstract

The activities presented here, projected and demonstrated in Cagliari since 1997, help the youth, but not only youth, becoming more familiar with the chemistry.

They are the results of the collaboration project, between the Department of Chemical Science, University of Cagliari, and the teachers of Didactic Chemistry Group. Starting from the needs of chemical education, the project is aimed towards the realisation of interactive experiences in the future Centre of Science in Cagliari.

(#) I.T.A.S. "Grazia Deledda" Cagliari
* Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università di Cagliari
** Gruppo di Didattica Chimica Università - Scuola di Cagliari

MARIA VITTORIA MASSIDDA (#)

Introduzione

La progettazione delle attività per la Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica ha rappresentato l'occasione che ha spinto alcuni docenti di chimica del Gruppo di Didattica a ricercare occasioni di dialogo per condividere e diffondere le esperienze di orientamento e divulgazione realizzate positivamente nei propri Istituti. Nacque, in quell'occasione, una fruttuosa collaborazione con il Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università di Cagliari che già si occupava della diffusione della cultura scientifica e del recupero della "memoria chimica" nell'Ateneo cagliaritano. Con il trasferimento nei nuovi locali della Cittadella universitaria di Monserrato era stato avviato il restauro dei vecchi arredi del "Palazzo delle Scienze" e la ricostruzione di strumenti storici.

Il Dipartimento di Scienze Chimiche accolse favorevolmente la proposta del Gruppo di Didattica di affiancare le attività connesse alla creazione di un museo storico con la realizzazione di alcuni dispositivi sperimentali interattivi (exhibit) a carattere divulgativo.

Furono costruiti alcuni exhibits con relativi poster illustrativi e provammo ad allestire lo "Spettacolo di Magia della chimica" già sperimentato con successo a Palermo.

Eravamo consapevoli che l'iniziativa sarebbe stata accolta favorevolmente dal pubblico, ma il successo ottenuto nelle varie occasioni (Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica, Congresso A.I.F., Salone dello Studente...), grazie anche al richiamo esercitato dallo spettacolo di "Magia"

stupì chi aveva sottovalutato il potere attrattivo esercitato da una sapiente miscela di quotidianità, contenuti chimici e creatività.

Nei paragrafi che seguiranno verranno illustrate alcune delle esperienze realizzate.



Giovani in visita alla mostra durante la Settimana della Cultura Scientifica

Il progetto didattico-divulgativo

Vengono percorse contemporaneamente due strade che si integrano nel progetto di diffusione della cultura scientifica: la realizzazione di un museo storico (che riguarda principalmente l'Università) e la costruzione di dispositivi sperimentali interattivi (di cui ci occupiamo in questo intervento).

Gli exhibits realizzati si trovano nei locali del Dipartimento di Scienze chimiche dell'Università di Cagliari e sono disponibili per la partecipazione a mostre temporanee nel territorio. *La collaborazione tra Scuola e Università poggia le basi sul rispetto delle rispettive competenze e sul riconoscimento delle capacità individuali necessarie nella scelta delle attività sperimentali da proporre, del materiale da utilizzare, della funzionalità delle apparecchiature, dell'estetica, del linguaggio iconico o verbale usato per il messaggio chimico.*

Nella fase iniziale vengono ricercate

situazioni sperimentali che evidenzino la stretta relazione tra la chimica e la vita quotidiana, che coinvolgano il visitatore attraverso la vista, l'olfatto, e il tatto; si propongono esperienze già sperimentate nelle scuole.

Si procede poi con la progettazione e la realizzazione di dispositivi sperimentali solidi, sicuri, di facile utilizzo, manipolabili anche dai più piccoli studenti, che presentino efficacemente il fenomeno o il tema scelto. L'allestimento delle unità espositive deve rispondere a esigenze estetiche, gli exhibits devono essere gradevoli, invitare all'uso, stimolare l'interesse, favorire la comunicazione del contenuto chimico.

L'apparato sperimentale è accompagnato dal materiale didattico prodotto dal Gruppo di Didattica e sperimentato nelle classi di scuola superiore, esso viene diffuso fra gli insegnanti accompagnatori delle scolaresche che visitano la mostra.

Le "Magie chimiche" presentate durante le Settimane della Cultura Scientifica hanno permesso di catturare l'attenzione anche dei visitatori più distratti utilizzando lo strumento, oggi così familiare, dello spettacolo.

Le finalità

- Avvicinare i giovani alla chimica utilizzando i mezzi informali propri di una mostra, ma coinvolgendoli direttamente attraverso esperienze e indagini;
- Divertire, educare, stimolare la creatività e la fantasia, far nascere il desiderio di porre domande, proporre soluzioni, approfondire le tematiche proposte;
- Coniugare gli aspetti chimici disciplinari con l'esperienza quotidiana dei giovani;
- Mostrare l'immagine di una chimica diffusa nella vita quotidiana, socialmente e culturalmente rilevante;
- Costruire un dialogo chimico tra scuole, università, altre istituzioni, enti locali, imprese e società;
- Diffondere le esperienze formative maturate nelle scuole e il patrimonio culturale dell'università;
- Dare il contributo della chimica alla futura realizzazione di un centro cittadino per la diffusione della cultura scientifica.

Il punto di vista degli insegnanti

Ricostruendo il percorso che ci ha portato ai progetti attuali possiamo individuare le tappe che hanno costituito i presupposti e le motivazioni per noi docenti di scuola secondaria e che ci sostengono in un impegno che è aumentato nel corso degli anni. Esse sono:

- La riflessione didattica sull'insegnamento della chimica nella scuola (spesso noioso, teorico, lontano dalle esperienze quotidiane dei giovani) e nell'università (caratterizzato dalla discontinuità e dal disinteresse rispetto alle competenze acquisite nella scuola);
- L'analisi dei comportamenti e degli interessi dei nostri studenti (i giovani apprendono facilmente in contesti informali dove sono impegnati in prima persona, sono attratti dai mezzi di comunicazione, dalle immagini);
- Le esperienze di orientamento alle scelte dell'indirizzo di scuola superiore o del corso universitario (l'informazione non è sufficiente, bisogna vivere esperienze formative, abituare i ragazzi a valutare e scegliere);
- Il piacere di "fare chimica" e la volontà di diffondere il gusto per la chimica (il gruppo di didattica chimica rappresenta non solo un'occasione di crescita professionale, ma anche un luogo "sociale" dove ricercare il confronto tra colleghi e le gratificazioni per il difficile lavoro di insegnante);
- L'esigenza, propria della cultura dell'autonomia, di integrare la scuola con il territorio (reti di scuole, università, imprese, enti locali...);
- Il desiderio di creare, nel territorio, un centro per la diffusione di una cultura chimica (la maggior parte delle scuole non dispongono di strumentazioni, di locali attrezzati a laboratorio o finanziamenti necessari, potrebbero far riferimento ad un centro specializzato).

Le esperienze interattive realizzate

- Molecole e percezione sensoriale "Gli aromi in tavola" "I profumi della Sardegna"
- "Molecole anfipatiche: i prodotti commerciali copiano la vita"
- "Acidi e basi nella vita quotidiana, gli indicatori naturali"
- "Grazie ... non fumo"

● "L'orologio a frutta", elettrolisi di soluzioni saline

● "Effetto alcool"

● Lo spettacolo "Magia della chimica".

Molecole e percezione sensoriale: "I PROFUMI DELLA SARDEGNA" E "GLI AROMI IN TAVOLA"

L'idea portante di questo lavoro nasce dall'esigenza di valorizzare una qualità propria dei chimici che l'uomo moderno sta sempre più perdendo: la capacità di percepire il mondo circostante non solo con la vista e l'udito, ma anche con l'olfatto, il senso più antico e forse più sottovalutato dell'uomo.

Si è pensato perciò di attirare la curiosità dello studente, o del visitatore della mostra interattiva, offrendogli la possibilità di percepire l'odore sviluppato da olii essenziali e aromi alimentari scelti tra quelli più gradevoli e conosciuti. Per raggiungere lo scopo si è fatto uso di due grandi pannelli (1,60 m x 2,00 m), uno raffigurante la Sardegna circondata dal mare e l'altro una tavola imbandita, nei quali alcune caselle basculanti permettono al visitatore di mettere alla prova il proprio olfatto e verificare successivamente la bontà delle proprie percezioni ruotando la casella e scoprendo così l'immagine della pianta aromatica o della pietanza di cui ha appena percepito l'odore.



Il pannello sui Profumi della Sardegna

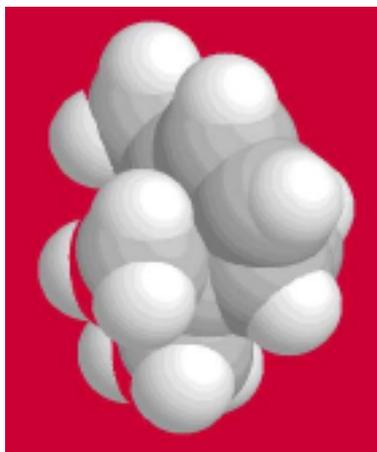


Gli aromi in tavola: le molecole



Gli aromi in tavola: le pietanze

In ogni casella viene raffigurata una molecola rappresentativa delle numerose sostanze che compongono la miscela aromatica contenuta in una bottiglietta posta nello stesso riquadro. Dopo aver annusato, si ruota la casella e si scopre a quale erba officinale o pietanza appartengono rispettivamente l'essenza o l'aroma.



La molecola di α -pinene

L' α -Pinene è un idrocarburo. Esso è il componente principale dell'essenza di trementina, che si ottiene mediante distillazione in corrente di vapore della resina essudata da varie specie di conifere. Sebbene l'essenza di pino possa essere estratta in maniera naturale, viene spesso preparata trattando l' α -pinene con acido, che lo converte in α -terpineolo.



Il ginepro (*Juniperus communis*)

Il ginepro è una pianta sempreverde a forma di cespuglio o alberello. È diffuso in America, Europa e Asia, fino all'Himalaia. In Sardegna è presente nei contrafforti del Gennargentu. Le bacche mature in infuso hanno proprietà balsamiche e sono utilizzate per aromatizzare le acquaviti di cereali, commercializzate sotto il nome di gin.

La massima parte dell'olio essenziale si ottiene proprio come prodotto secondario della produzione del liquore, poiché, non essendo solubile nell'alcool, stratifica su di esso. Tuttavia le migliori essenze sono quelle ottenute direttamente dalla distillazione di bacche grosse e mature di piante ben esposte al sole. È da notare che non solo le bacche di ginepro contengono olio essenziale, ma anche tutte le altre parti della pianta. Il fumo di legno di ginepro, oltre che aromatizzare carni e formaggi, ha su essi anche azione battericida. Le molecole responsabili della fragranza del ginepro sono L' α -Pinene e L' α -terpineolo.



Il porcino

L' α -pinene è la molecola, identica a quella naturale, che fa parte del leone nell'aroma di porcino insieme ad una trentina di altri tipi di molecole. Nel fungo la sintesi di questa sostanza è resa possibile dal meraviglioso laboratorio chimico della natura mentre l'uomo riesce a ottenere questo alcool insaturo con estrema difficoltà.

La prova organolettica, presentata come gioco, è in realtà solo un pretesto per allargare poi il discorso, a seconda del livello dell'interlocutore, con contenuti disciplinari più specifici sia di chimica che di biologia. Riportiamo alcune frasi tratte dal testo "Molecole" di Peter W. Atkins:

"L'aroma di cibo è una risposta dovuta a due stimoli: gusto e odore. Nella determinazione del sapore di una vivanda gli odori hanno un'importanza maggiore rispetto ai quattro gusti fondamentali; infatti l'industria alimentare fa largo uso di un gran numero di essenze naturali ed artificiali per insaporire i suoi

prodotti....Perché l'odore fa ricordare? Nel cervello il centro dell'olfatto si trova molto vicino all'ippocampo, una delle strutture cerebrali da cui dipende la memoria; esso è direttamente collegato con il sistema limbico in cui risiede l'emotività. Ecco quindi che un forte odore può facilmente suscitare ricordi vivi anche del più lontano passato... Quando vi deliziate con questi aromi rispondete a molecole, come quelle mostrate qui mentre stimolano la parte del vostro cervello che termina nel naso." Affianco ai pannelli è stato messo in funzione un distillatore in corrente di vapore per olii essenziali.



Il distillatore - fotografato durante l'estrazione dell'azulene dall'Artemisia

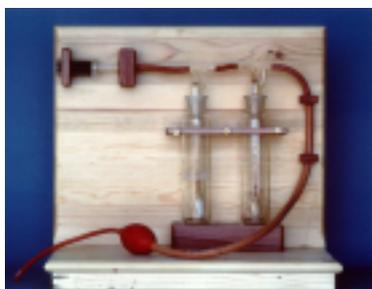
Si presenta qui un esempio di percorso didattico per un possibile utilizzo della proposta nella scuola media superiore.

Obiettivi

1. Utilizzare le percezioni sensoriali per acquisire informazioni sui materiali.
2. Riconoscere lo stato di aggregazione aeriforme delle sostanze che giungono alle terminazioni olfattive situate nel naso.
3. Descrivere e applicare i metodi di separazione che permettono di estrarre le essenze da una pianta: distillazione in corrente di vapore, spremitura, estrazione con solventi.
4. Condurre una ricerca bibliografica per individuare almeno una delle sostanze osmofore presenti negli olii essenziali e negli aromi alimentari.
5. Individuare la correlazione tra proprietà macroscopica (odore) e struttura molecolare.

Attività sperimentali	Conoscenze
Prove olfattive e riconoscimento di un'essenza o di un aroma in funzione della temperatura, della distanza e del tempo di diffusione	Gas, vapori e modello particellare della materia
Distillazione in corrente di vapore, spremitura e filtrazione, estrazione.	Miscele omogenee ed eterogenee. Metodi di separazione.
Costruzione di modelli molecolari con sfere e bastoncini oppure con calotte sferiche anche con l'aiuto del computer.	Struttura molecolare e proprietà delle sostanze

NON FUMO, PERCHE'



L'apparato sperimentale per eseguire una fumata artificiale di sigaretta

La pericolosità della sigaretta è sostenuta da tutti, i giovani ricevono messaggi contro il fumo da parte di genitori, insegnanti e campagne sanitarie per la prevenzione, eppure

sono sempre molti quelli che iniziano a fumare. L'argomento crea spontaneamente negli studenti adolescenti la curiosità e quindi la motivazione per l'apprendimento. Può essere utile introdurlo con una discussione che prenda spunto dall'osservazione delle abitudini di giovani e adulti in ambienti pubblici in cui dovrebbe essere vietato fumare, ma poiché a scuola è indispensabile accompagnare le parole con l'attività sperimentale abbiamo realizzato la seguente esperienza [1] che consente di osservare la combustione di una sigaretta, il condensato trattenuto da un filtro di cotone e rivelare la presenza nella fase gassosa di monossido di carbonio e diossido di carbonio.

Nei trienni con indirizzo chimico si potrebbero progettare ulteriori approfondimenti che curino l'estrazione della nicotina e l'analisi quantitativa.

Attività sperimentali	Conoscenze
Combustione della sigaretta	L'ossigeno e le combustioni
Riconoscere la scomparsa di alcune sostanze e la formazione di altre	Trasformazioni chimiche: reagenti e prodotti
Preparare un filtro per estrarre un condensato, utilizzare una siringa come pompa aspirante	Metodi di separazione
Far gorgogliare un gas in un solvente liquido per raccoglierlo; preparare soluzioni	Solubilità delle sostanze
Utilizzare trasformazioni chimiche per riconoscere i gas	Saggi di riconoscimento

Obiettivi

1. Individuare il sistema oggetto di studio e riconoscere lo stato solido, liquido o gassoso delle sostanze che partecipano al fenomeno.
2. Osservare e riconoscere una combustione dai "sintomi": cambiamenti visibili, sviluppo di gas e scambi di energia (termica e luminosa).
3. Individuare i fattori che permettono la combustione: combustibile, ossigeno ed energia termica.
4. Condurre una ricerca bibliografica per identificare reagenti e prodotti della combustione della sigaretta.
5. Applicare metodi di separazione (filtrazione di un aerosol ed estrazione di un gas con un solvente liquido).
6. Riconoscere alcuni prodotti mediante saggi specifici.

L'OROLOGIO A FRUTTA E LE OSSIDORIDUZIONI

Un'importante classe di reazioni chimiche è costituita dalle reazioni di *ossidazione-riduzione*, nelle quali una specie chimica (atomo, molecola o ione) cede elettroni ad un'altra specie chimica. Questo scambio di elettroni di solito avviene direttamente tra le specie coinvolte nella trasformazione, ma, inserendo un opportuno elettrolita tra la specie che si ossida e quella che si riduce, permette di realizzare quell'invenzione straordinaria conosciuta da tutti col nome di "pila". Oggi si viene a contatto con le pile fin dalla più tenera età, eppure per molti esse rimangono oggetti misteriosi su cui non vale la pena di soffermarsi. L'apparecchio qui descritto, con la sua "culinaria" quotidianità, attrae subito l'attenzione dell'osservatore che, incuriosito, può mettere in funzione l'orologio e porsi delle domande, il primo indispensabile passo verso la conoscenza.



L'orologio a frutta si realizza montando una pila con laminette di zinco e rame immerse nella polpa di un frutto (mela, pera, banana, ma anche cetrioli o quant'altro venga in mente di usare). La polpa della frutta costituisce il mezzo acquoso che collega in modo non diretto le due laminette metalliche che sono collegate dall'altra parte da un filo conduttore. Al centro di questo collegamento vi è un orologio al quarzo: chiudendo i contatti, la reazione che avviene nella pila fornisce l'energia necessaria al funzionamento dell'orologio. Per aumentare la tensione ai capi dell'orologio, si sono usate due coppie di laminette di zinco e rame.

Alcune reazioni di ossidoriduzione che non avvengono spontaneamente, possono essere ottenute fornendo dall'esterno l'energia necessaria sotto forma di energia elettrica. Il fenomeno prende il nome di *elettrolisi*, che letteralmente significa "sccomposizione di una sostanza per mezzo della corrente elettrica". Fu proprio tramite l'elettrolisi che all'inizio dell'800 H. Davy e W. Nicholson, A. Carlisle e Simon decomposero l'acqua in idrogeno e ossigeno mediante la pila di Volta.

L'esperienza che proponiamo permette di seguire l'andamento di una reazione di ossidoriduzione grazie alle variazioni di colore dovute alle sostanze coinvolte.



LO SPETTACOLO "MAGIA DELLA CHIMICA"

Lo spettacolo riprende quanto illustrato da M. A. Floriano e R. Zingales in alcune pubblicazioni [2] [3] [4], qui vogliamo dare un ulteriore contributo che deriva dal suo uso nella scuola.

Durante le varie mostre lo spettacolo è stato presentato da due docenti, I. Cocco e M. V. Massidda [5] oppure da due giovani neolaureati.



Nella foto da sinistra: M. Vittoria Massidda e Ivana Cocco

Nella scuola sono gli studenti del triennio a prepararlo e interpretarlo nell'ambito delle attività di accoglienza e orientamento. La preparazione dello spettacolo è inserita nell'attività didattica con le seguenti **finalità**:

1. Migliorare la concezione della chimica: mentre gli studenti lavorano per preparare lo spettacolo si divertono, scoprono che si può "usare" la chimica per giocare, ma che anche il gioco richiede la conoscenza e l'applicazione di regole precise.

2. Proporre un diverso approccio disciplinare: gli studenti misurano masse e volumi, preparano soluzioni, svolgono calcoli stechiometrici motivati dalla necessità di costruire uno spettacolo di successo.

3. Favorire l'acquisizione o l'affinamento di capacità organizzative: gli alunni organizzano le varie attività e preparano il materiale occorrente.

4. Potenziare la crescita del senso di responsabilità: ognuno si assume

l'onere di preparare le soluzioni, provare le battute dello spettacolo, mettere a disposizione il proprio tempo anche al di fuori dell'orario di lezione.

5. Sviluppare l'attenzione alle norme di sicurezza e accrescere la consapevolezza di un comportamento accorto e previdente: la sicurezza svolge un ruolo determinante nella scelta delle magie e della attrezzatura adottata, si è fatto in modo di evidenziare che il laboratorio di chimica può essere "vissuto serenamente" se si presta attenzione a poche regole essenziali.

6. Migliorare il rapporto interpersonale: quando si fa qualcosa di divertente insieme, anche se è faticoso ed impegnativo, si può sorridere e diventare più disponibili.

7. Proporre un'immagine diversa dell'insegnante: l'insegnante percorre insieme alla classe il processo di conoscenza, è disposto a divertirsi con gli studenti, a continuare ad imparare dai libri, dalle esperienze e anche dai propri alunni.

Bibliografia

- [1] B. Amadio: "I pericoli del fumo", *Didattica delle scienze*, **186**, 1996
- [2] M.A. Floriano, P. Lo Meo, R. Zingales: "La magia della chimica - Uno spettacolo di colori e reazioni", *CnS - La Chimica nella Scuola* **XV**, **4**, 8 (1993)
- [3] M.A. Floriano, P. Lo Meo, R. Zingales: "La magia della chimica - Alcune procedure per ulteriori dimostrazioni", *CnS - La Chimica nella Scuola* **XVII**, **1**, 7 (1995)
- [4] M.A. Floriano, P. Lo Meo, R. Zingales: *Didattica e divertimento - Tramontana*, Ed. fuori commercio 1997
- [5] Docenti di Chimica e laboratorio presso l'ITAS (ex ITF) "Grazia Deledda" di Cagliari

IPOTESI PER IL CURRICOLO DI CHIMICA

1 – GLI AMBITI DELLA CHIMICA

Il sapere chimico fa riferimento essenzialmente a quattro ambiti: l'ambito dei fenomeni, l'ambito delle leggi macroscopiche, quello dei modelli microscopici ed infine quello del linguaggio chimico. La nostra proposta pedagogico-didattica di insegnamento della chimica nella scuola preuniversitaria considera l'ambito del linguaggio chimico trasversale ai primi tre ai quali attribuisce un ordine di tipo psicologico:

- | | | |
|--|---|------------------------|
| 1) fenomeni chimici (concetti categoriali); | } | 4) linguaggio chimico. |
| 2) leggi e teorie macroscopiche (livello o registro fenomenologico); | | |
| 3) teorie e modelli microscopici (livello o registro esplicativo). | | |

È nostra convinzione che nella scuola di base si dovrebbe affrontare il primo aspetto all'interno di una generale impostazione fenomenologica-operativa dell'educazione scientifica [1]; nel biennio della scuola secondaria superiore dovrebbe essere possibile affrontare i concetti e le teorie della chimica classica; nel triennio, in stretta connessione con l'acquisizione delle necessarie conoscenze fisiche, i modelli e le teorie microscopiche della chimica del Novecento. Siamo ovviamente consapevoli che le relazioni tra i tre ambiti sono molto più complesse e che, ad esempio, molti fenomeni sono diventati tali in connessione all'invenzione di ipotesi che fanno riferimento o alla chimica classica o alla chimica del Novecento. Conseguentemente, i fenomeni da affrontare con un'impostazione fenomenologica-operativa non potranno essere individuati casualmente, si cadrebbe in questo modo nell'induttivismo più cieco, ma soltanto attraverso una riflessione di tipo storico-epistemologico. Questa necessaria precisazione sulla non

linearità delle connessioni tra i primi tre ambiti del sapere chimico nulla toglie al fatto che sia opportuno "sapere che...(X è così)" prima di "sapere come mai...(X è così)" per cui i tre ambiti non possono essere sovrapposti in modo casuale, né è pensabile eliminare i primi due, riducendo l'insegnamento della chimica

alle teorie ed ai modelli esplicativi del XX secolo ed al linguaggio chimico. Comprendiamo le motivazioni socio-culturali di questa scelta: la chimica, come d'altra parte tutte le discipline scientifiche, ha una collocazione marginale nel curriculum ed un ruolo essenzialmente informativo più che formativo: dovrebbe fornire in un lasso di tempo limitato, generalmente alcune ore alla settimana nell'arco di uno o due anni, nozioni sull'enciclopedia delle conoscenze chimiche oggi accreditate. Se tale scelta poteva avere un senso in una scuola elitaria e selettiva, da alcuni decenni le ricerche sui risultati di questa impostazione dell'insegnamento hanno mostrato la drammaticità della situazione, sia in relazione alla capacità di stimolare interessi e motivazioni sia dal punto di vista dei risultati cognitivi. Infatti, soprattutto in conseguenza dell'insegnamento ricevuto, la grande maggioranza degli studenti considerano la chimica come una materia incomprensibile, astrusa, senza significato [2].

Ciò è comprensibile, dal momento che la chimica contemporanea è il regno della più raffinata astrazione e formalizzazione. La chimica del Novecento ha realizzato il sogno riduzionista sette-ottocentesco di as-

sumere finalmente una forma simile a quella della fisica, di ricondurre quella disciplina contaminata per lungo tempo dall'empiria, dalle qualità secondarie dei materiali e delle sostanze alla dignità scientifica della fisica, con i suoi eleganti formalismi e con il suo potente apparato matematico. La chimica del Novecento è finalmente diventata una disciplina caratterizzata da un'organizzazione deduttiva che ha il suo punto di partenza, i suoi assiomi, in un insieme di concetti che appartengono al registro teorico/modellistico, in quanto si riferiscono agli atomi e alle molecole, grazie ai quali è in grado di fornire spiegazioni di una molteplicità di fenomeni chimici che erano stati scoperti nel periodo della chimica classica.

Ma tutto ciò può avere significato per una persona soltanto se questa ha, da una parte, una grande padronanza delle teorie e dei linguaggi della fisica – che costituiscono prerequisiti dei concetti più strettamente chimici – e dall'altra, una conoscenza significativa delle problematiche fenomenologiche e teoriche di carattere macroscopico che si vogliono interpretare e spiegare con i modelli microscopici. Un qualsiasi manuale che si rispetti – qualcuno potrebbe obiettare – ricostruisce in alcuni capitoli l'insieme delle teorie e dei concetti fisici sulla struttura dell'atomo che sono poi necessari per la chimica. Questi capitoli costituiscono, a nostro parere, una manifestazione esemplare della totale inconsapevolezza pedagogica di questi manuali: in essi, infatti, la proposta didattica di iniziazione alla chimica, in modo indifferenziato per studenti sia del biennio che del triennio, si concretizza in una bignamizzazione di un corpo complesso di conoscenze fisiche. Tale operazione potrebbe eventualmente avere un senso soltanto in un manuale universitario nel quale si schematizzano, in alcune centinaia di pagine, le conoscenze fisiche che si suppone che lo studente abbia già acquisito nella scuola secondaria superiore o in specifici corsi o moduli universitari di fisica.

(*) CIDI - Firenze

e.mail: cidi@dada.it

158 (***) Gruppo di Didattica della Chimica Università di Torino

e.mail: roletto@ch.unito.it

La chimica del Novecento presuppone uno studente che possieda basi significative in tutti i campi della fisica, dalla meccanica alla termodinamica, dall'elettromagnetismo alla fisica quantistica; presuppone, cioè, uno studente che abbia nel corso di molti anni costruito conoscenze solide su teorie e concetti molto complessi e pieni di ostacoli epistemologici. Prendiamo un esempio, apparentemente tra i più banali per come è affrontato nei manuali: il passaggio dal modello atomico di Rutherford a quello di Bohr. La storiellina che viene raccontata è più o meno di questo tipo: l'ipotesi di Rutherford venne immediatamente criticata perché, alla luce delle leggi dell'elettromagnetismo, un oggetto carico, che si muove di moto circolare, perde costantemente energia, e conseguentemente l'elettrone non potrebbe rimanere nella sua orbita ma cadrebbe sul nucleo. Bohr, alcuni anni dopo, superò queste contraddizioni ipotizzando che le leggi della fisica classica non si applicassero all'infinitamente piccolo, all'atomo, e postulò conseguentemente i principi della meccanica quantistica: 1) quando un atomo non perde né acquista energia, l'elettrone si trova in un'orbita definita, 2) un elettrone non può occupare tutte le zone dello spazio, ma può transitare solo in alcune orbite, emettendo o acquistando una precisa quantità di energia. Questa è una delle storielline che si possono memorizzare più facilmente, ma che significato può avere per chi, e a maggior ragione per uno studente di 15-16 anni, non abbia conoscenze significative di fisica? Purtroppo, tali conoscenze fisiche mancano a tutti gli studenti della scuola secondaria superiore, con l'eccezione di quelli del liceo scientifico e degli indirizzi sperimentali dove la fisica viene affrontata nell'arco di tre o più anni. Generalmente, però, anche in questi casi più felici, la chimica viene insegnata al terzo o al quarto anno, quando lo sviluppo delle conoscenze fisiche è, se va bene, a metà del cammino. Tuttavia queste conoscenze fisiche non sarebbero ancora sufficienti per dare significato ai concetti chimici ed al linguaggio chimico del Novecento, in assenza di una significativa conoscenza, da parte degli studenti, di alcune importanti classi di sostanze e trasformazioni chimiche nonché delle leggi macroscopiche fondamentali.

Il linguaggio chimico costituisce una

della grandi conquiste intellettuali dell'umanità. In tutti i libri di chimica, scritti nelle varie lingue della Terra, vi è una parte comune a tutti, universale, quella che si riferisce ai nomi simbolici delle sostanze (formule chimiche) e quella che schematizza le trasformazioni chimiche (le equazioni chimiche). Si tratta, indubbiamente, di un linguaggio convenzionale, ma non nello stesso senso del linguaggio ordinario. Infatti è un linguaggio in grado di fornire informazioni qualitative e quantitative sulla composizione molecolare delle sostanze e sulle trasformazioni chimiche. Però è pedagogicamente assurdo pensare di dare significato al linguaggio chimico con un insegnamento che, fin dall'inizio, si sviluppi solo attraverso nomi, formule ed equazioni. Si tratta di conoscenze molto sofisticate che possono avere significato solo se gli studenti hanno avuto, nell'arco di molti anni, a partire dalla scuola elementare fino al biennio, una lunga dimestichezza con sostanze, trasformazioni chimiche nonché con le leggi macroscopiche della chimica classica.

Per esempio, nell'evoluzione della chimica, il bilanciamento delle reazioni di ossido-riduzione ha rappresentato una grande conquista intellettuale e costituisce da molto tempo uno strumento fondamentale nell'analisi quantitativa delle sostanze ossidanti e riducenti. Tale bilanciamento fa riferimento ad almeno tre diversi modelli esplicativi di queste reazioni, ma di questo non vi è traccia nell'insegnamento. Bilanciare una reazione redox costituisce, generalmente, un'attività da settimana enigmistica che rappresenta un incubo per gli studenti, fin quando non abbiano memorizzato le regole del gioco e non si siano sufficientemente addestrati ad applicarle.

Il prototipo dell'insegnamento usuale della chimica è l'insegnamento grammaticale come poteva essere praticato cinquanta anni fa, insegnamento che era basato sull'illusione che l'acquisizione e la padronanza del linguaggio potesse avvenire soltanto attraverso lo studio di principi, regole e definizioni. Da tempo si è mostrato che la via grammaticalista alla comprensione e alla padronanza linguistica è pedagogicamente assurda per cui, a maggior ragione, dovrebbe apparire chiaramente l'assurdità di un tale approccio per le conoscenze chimiche. Queste infatti sono, come tut-

te le conoscenze scientifiche, generalmente molto più complesse, sul piano psicologico, del linguaggio comune, dal momento che spesso risultano essere, dal punto di vista epistemologico, in discontinuità con la razionalità della vita quotidiana.

2 – FENOMENOLOGIA CHIMICA E EDUCAZIONE ALLE SCIENZE NELLA SCUOLA DI BASE

Le problematiche chimiche sono strettamente interrelate alla storia dell'umanità. L'invenzione o la scoperta di nuove tecniche ha portato spesso all'affinamento di fondamentali conoscenze fenomenologiche di tipo chimico. E' sufficiente ricordare nell'antichità il perfezionamento delle tecniche della combustione e la possibilità di ricavare materiali artificiali così importanti nell'evoluzione della civiltà umana, quali i metalli, i leganti, i materiali laterizi, ecc.; il fuoco è stato per tempi immemorabili il principale strumento utilizzato dall'uomo per realizzare trasformazioni chimiche. Durante il Medioevo furono scoperte delle sostanze, gli acidi minerali, che, grazie alla loro capacità aggressiva (erano, cioè capaci di "sciogliere" solidi insolubili in acqua), permisero lo sviluppo di un nuovo campo di fenomeni chimici.

A metà del Settecento la chimica era da tempo caratterizzata da un rigoglioso sviluppo quantitativo: le sostanze naturali ed artificiali conosciute aumentavano costantemente e diventava sempre più problematico classificarle, anche a causa dei limiti intrinseci al linguaggio chimico allora utilizzato che attribuiva i nomi alle sostanze sulla base di svariati criteri casuali, quali il loro colore, sapore, utilizzo, luogo di provenienza, nome dello scopritore, ecc. Inoltre, nella prima metà del Settecento, come d'altra parte era successo nei secoli precedenti, vennero elaborate molteplici teorie che si proponevano di fornire spiegazioni e di individuare connessioni e regolarità in questo mare buio di fenomeni empirici; ma il successivo sviluppo scientifico della chimica mostrò che i principi fondamentali delle trasformazioni chimiche potevano essere rintracciati con un approccio sostanzialmente opposto a quello allora prevalente, con un'impostazione cioè di tipo quantitativo.

“Ma che grande scoperta” potrebbe dire il riduzionista di turno: “l'approccio quantitativo è ciò che caratterizza

il pensiero scientifico". Ora, a parte la discutibilità di un'affermazione generale di questo tipo, essa è comunque facile a dirsi, ma tutt'altro che facile a farsi. Anche per la chimica il passaggio alla maturità si realizzò con la sua matematizzazione, con l'individuazione di principi quantitativi; ma prima delle geniali scoperte di Lavoisier quale era la situazione? Tutti i grandi chimici del Settecento si erano convinti che la forza della chimica risiedesse nella sua metodologia specifica, di tipo sperimentale e qualitativo e non nell'utilizzo di metodologie fisiche, cioè quantitative. Erano stati, infatti, effettuati molti tentativi di conferire alla chimica un assetto quantitativo simile a quello della meccanica newtoniana, con l'introduzione, ad esempio del principio delle affinità chimiche mutuato dal principio della gravitazione universale [3]. Tuttavia, tutte queste concezioni banalmente riduzioniste non avevano minimamente contribuito allo sviluppo della chimica.

Fino a Lavoisier, le trasformazioni chimiche erano state osservate e studiate nelle loro regolarità di tipo qualitativo e già questo aveva costituito un'impresa titanica. Non è un caso che la chimica sia stata associata fino ad alcuni secoli fa con la magia; in un certo senso, le trasformazioni chimiche sono delle magie: sono, infatti, quei fenomeni in cui, da determinate sostanze, se ne ottengono altre che non hanno nessuna proprietà in comune con quelle iniziali. Lo sviluppo della chimica, nella cosiddetta fase prescientifica, rappresenta un fenomeno prodigioso; durante il Seicento ed il Settecento si riuscì ad individuare, a partire dal caos della materia indistinta presente nella vita quotidiana, un numero immenso di materiali e di sostanze naturali od artificiali, e successivamente classi di sostanze e relazioni tra esse. E non è che non fossero state osservate anche regolarità quantitative da parte degli artigiani quando utilizzavano determinate trasformazioni chimiche per fabbricare materiali o sostanze utili per i vari scopi.

La situazione psicologica del non esperto di fronte al mondo dei materiali, delle sostanze e delle trasformazioni non è molto diversa da quella dello scienziato o dell'artigiano di quattro-cinque secoli fa. *Se si vuole*

perceptivo, occorre dedicare gli anni della scuola di base a realizzare questo passaggio graduale dalla materia indistinta della percezione quotidiana all'individuazione di alcuni materiali, di alcune sostanze e di alcune classi di sostanze. [4,5]

3 – LE LEGGI MACROSCOPICHE DELLA CHIMICA

Perché le leggi macroscopiche della chimica, e più in generale la chimica classica, devono costituire la parte principale dell'insegnamento della chimica nell'area comune della scuola secondaria superiore? Innanzitutto, perché costituiscono *conoscenze fondamentali della chimica*. L'oblio, negli ultimi decenni, di questo aspetto costituisce una delle manifestazioni più eclatanti del pensiero riduzionista. In secondo luogo, *perché realizzano un passaggio graduale* (che permette di comprendere il significato dei concetti) *dalle concezioni di senso comune agli aspetti più formalizzati della chimica*. Questa seconda risposta è determinante sul piano pedagogico-didattico. L'importanza disciplinare di determinate problematiche costituisce, infatti, una condizione necessaria, ma tutt'altro che sufficiente, per il loro inserimento nel curriculum.

A differenza dei concetti categoriali di tipo fenomenologico, i concetti e le leggi macroscopiche della chimica non sono, tuttavia, in continuità con il senso comune: molti di esse sono in stretto rapporto con osservazioni e sperimentazioni che è possibile (che è didatticamente indispensabile) effettuare, ma non si tratta di conoscenze ottenute con un processo di astrazione empirica; sono, invece, il frutto di atti creativi di grandi scienziati che hanno saputo inventare "oggetti mentali" e ipotesi che andavano molto oltre i dati dell'osservazione. Di conseguenza, i concetti e le leggi fondamentali della chimica non possono essere insegnati con l'impostazione fenomenologica-operativa proposta per la scuola di base. Si cadrebbe in questo modo nell'impostazione angusta dell'attivismo e dello sperimentalismo ingenuo. Le osservazioni sperimentali non possono più, di per sé, costituire il fondamento della concettualizzazione. La loro funzione è ora radicalmente diversa: continuano ad essere necessarie per l'ampliamento del riferimento empirico e quindi della conoscenza di sostanze e tra-

sformazioni; sono, inoltre, indispensabili per offrire agli allievi l'opportunità di esplicitare le proprie concezioni nei confronti di fenomenologie che storicamente hanno svolto un ruolo determinante nella creazione di concetti e leggi fondamentali.

Nuovi concetti o nuove leggi hanno permesso di risolvere problemi teorici e/o sperimentali, hanno costituito la risposta a contraddizioni esistenti nelle teorie precedenti, sono state in grado di individuare regolarità impreviste, di fornire spiegazioni e di prevedere nuovi fenomeni. Tutti questi aspetti contribuiscono a costituire il significato dei concetti, significato che non risiede nella loro definizione formale, a contestuale, tranne che per gli specialisti che sono in grado di dominare cognitivamente l'organizzazione assiomatica di una disciplina. *Affinché lo studente possa comprendere concetti e leggi della chimica classica è quindi necessario ricostruire il contesto problematico, teorico e sperimentale, in cui essi sono stati ipotizzati e poi definiti formalmente.* Alla comprensione deve accompagnarsi la formalizzazione che, a questo punto, diventa un atto fondamentale. Già nella scuola di base l'importanza delle osservazioni sperimentali risiede nel fatto che costituiscono la base della concettualizzazione di fenomenologie elementari, cioè della formalizzazione possibile a questo livello di scolarità. A maggior ragione, nella scuola secondaria superiore, la formalizzazione non può che avere un'importanza centrale, in relazione, ovviamente, ai quei concetti fondamentali della chimica di cui è stato possibile comprendere il significato problematico e contestuale. La nostra critica radicale non è quindi rivolta alle definizioni, al linguaggio rigoroso ed alla necessità didattica di esercizi di addestramento, ma ad un insegnamento che, invece di considerare questi come punti di arrivo, si fonda solo su di essi, presumendo che lo studente possa comprenderli in quanto gli vengono presentati con una serie di frasi connesse logicamente all'interno dell'organizzazione deduttiva della chimica.

4 – RIFLESSIONI SU ALCUNI CONCETTI FONDAMENTALI DELLA CHIMICA

Come è stato sottolineato, la chimica è una disciplina che "presenta difficoltà intrinseche di apprendimento,

riconducibili a tre punti nodali: la chimica non è intuitiva, la chimica fa uso di due livelli di descrizione della realtà, le molecole non stanno ferme”[6]. Che la chimica non sia intuitiva lo si comprende immediatamente se si pensa che alla sua base sta il concetto di sostanza che è tutt’altro che intuitivo, anche se tale viene comunemente ritenuto probabilmente perché fa parte del linguaggio comune. Tuttavia questo aspetto, lungi dal facilitarne la comprensione, la rende molto più ardua. Molti termini scientifici sono anche termini della vita quotidiana, ma con significati che sono, di norma, completamente diversi. Ciò costituisce un ostacolo epistemologico ulteriore alla comprensione di molti concetti scientifici, ostacolo che non è stato colto minimamente dall’insegnamento tradizionale, che addirittura considera la conoscenza dei termini spontanei come embrione del concetto scientifico che dovrebbe essere solo rifinito.

4.1 – IL CONCETTO DI SOSTANZA

Molteplici ricerche hanno da tempo messo in evidenza che non si tratta di un concetto semplice, tanto è vero che viene frainteso anche da parte di studenti universitari frequentanti corsi di chimica [7, 8]. Il concetto scientifico di sostanza non coincide per nulla con il concetto di senso comune. Sostanza è un termine utilizzato nella vita quotidiana per indicare in modo indifferenziato (irriflessivo) il sostrato materiale di qualsiasi cosa, come sinonimo di materia o di materiale.

Se si consultasse un dizionario, per esempio il *Devoto Oli*, si troverebbe questa definizione di sostanza: *composizione materiale individuata da particolari qualità o proprietà: sostanze liquide, solide, gassose; sostanze alimentari, medicinali, sostanze velenose. In chimica, materia, composto o miscela di composti...la parte nutritiva di un alimento: carne che ha poca sostanza*”. [9]

La definizione scientifica di sostanza è, invece, di questo tipo: *sostanza è un tipo di materia caratterizzata da specifiche proprietà macroscopiche ed operative*. Nel Gillespie si trova la seguente definizione: *se un materiale è una sostanza e non una miscela di sostanze, noi spesso lo chiamiamo sostanza pura*. [10]

Tuttavia queste definizioni sono tutt’altro che perspicue: anche il con-

Novembre - Dicembre 2000
Scuola

cepto scientifico di sostanza è un concetto complesso che può essere didatticamente costruito gradatamente, nell’arco della scuola di base; si tratta infatti di un concetto strettamente intrecciato a quello di miscela e di materiale. Se logicamente sembrerebbe precederli, psicologicamente dovrebbe, invece, seguirli. In alcuni casi, comunque, la distinzione ed una prima costruzione di significati è abbastanza semplice; in altri, ci si trova di fronte ad un ostacolo epistemologico: le leghe ed i vetri, ad esempio, sono sostanze o miscele?

Nella scuola elementare è necessario indubbiamente condurre per un lungo tempo l’attività sui materiali e solo successivamente, in casi particolarmente semplici, iniziare a rendersi conto che i materiali sono costituiti di porzioni di materia diverse, che vi sono miscele eterogenee, soluzioni, sostanze. Nella realtà, nell’ambiente, per il bambino vi sono cose, oggetti, animali, piante: ai materiali si deve arrivare riflettendo su dati percettivi ricavati dall’osservazione e dalla manipolazione degli oggetti; all’inizio i materiali probabilmente verranno indicati come una caratteristica dell’oggetto; successivamente i bambini potranno individuarli come ciò di cui gli oggetti sono fatti; sarà così possibile passare dalle caratteristiche degli oggetti alle proprietà dei materiali. Per i bambini, è in genere molto agevole riconoscere i materiali più comuni, ma è più difficile individuarne alcune loro proprietà caratterizzanti (definienti). Verso i nove - dieci anni, ossia nell’attuale secondo ciclo della scuola elementare, sarà quindi necessario iniziare a proporre alcune fenomenologie che, da una parte, abbiano significato di per sé, e che, dall’altra, consentano di individuare proprietà empiriche che permettono di distinguere alcuni materiali.

Una sostanza è una porzione di materia (un corpo) caratterizzata da specifiche proprietà fisiche e chimiche. Questo concetto deve essere costruito, come abbiamo già detto, nel corso di nove- dieci anni, ma deve essere definito solo nella fase terminale, durante la quale si tirano le fila delle attività e delle conoscenze già consolidate negli anni precedenti. Durante il secondo ciclo della scuola elementare e nella scuola media si dovrebbero incontrare più esempi di sostanze, cioè di porzioni di materia caratterizzate da specifiche proprietà fi-

siche e chimiche. Ad esempio, due fenomenologie fondamentali che a nostro parere vanno affrontate già nel secondo ciclo della scuola elementare sono le soluzioni acquose e l’ebollizione-evaporazione dell’acqua. Per concettualizzarle, seppur ad un primo livello, sono necessari molti mesi di attività perché ad esse sono connesse molte problematiche di cui va costruita la rete concettuale.

L’oggetto principale di queste attività è l’acqua, che da sostanza del senso comune inizia a diventare sostanza nel significato scientifico. L’acqua della vita quotidiana appare come una sostanza, eventualmente con l’aggettivo pura, volendo così significare che è l’aggiunta di altre sostanze che la rende sgradevole. Le attività precedentemente indicate permettono di comprendere che l’acqua usuale non è una sostanza ma una soluzione, e che la bontà dell’acqua dipende dalle sostanze in essa sciolte. L’acqua chimicamente pura la si può ottenere distillando l’acqua, togliendo, cioè, all’acqua le sostanze che naturalmente vi sono disciolte. In generale, mentre l’acqua naturale è una soluzione, l’acqua sostanza è un artefatto umano. È l’acqua distillata che va usata per preparare le soluzioni acquose, per non avere interferenze fra il soluto le sostanze già disciolte nell’acqua. È di nuovo l’acqua distillata che bolle ad una ben determinata temperatura.

Sono in particolare le proprietà fisiche, quali le temperature di ebollizione e/o di fusione, il peso specifico, la solubilità, ecc. quelle che permettono più facilmente di caratterizzare le sostanze, così come, d’altra parte, sono le trasformazioni fisiche connesse (passaggi di stato e solubilizzazione) le fenomenologie di base su cui concentrare l’attività nella scuola elementare. Nella scuola media, si può gradualmente evidenziare la distinzione tra trasformazioni fisiche e chimiche, tra le trasformazioni caratterizzate da conservazione e non conservazione della sostanza [11]. Le trasformazioni chimiche sono adatte a livello fenomenologico più che a distinguere sostanze, a caratterizzare e riconoscere gruppi di materiali o di sostanze che hanno proprietà comuni. Si possono così definire, tra la fine della scuola media e l’inizio del biennio, dei raggruppamenti che hanno chimicamente grande rilevanza, quali quello dei combustibili, dei metalli, degli acidi, delle sostanze basiche e dei sali.

4.2 – IL CONCETTO DI COMPOSTO

Quanti tipi di sostanze esistono per i chimici? Questi parlano di sostanze semplici e sostanze composte, chiamate più semplicemente composti. Questo è un ampliamento del concetto di sostanza che comporta un notevole salto nel livello di complessità psicologica. Nel paragrafo precedente abbiamo mostrato la non immediatezza del concetto di sostanza: esso, infatti, è così inestricabilmente connesso a quello di materiale, miscela e soluzione che può essere chiaramente compreso, e quindi acquisito, soltanto all'interno di attività che si distendano per tutta la scuola di base. Con i concetti di sostanza semplice e composta ci troviamo, invece, completamente su un altro piano: essi sono infatti formali e non categoriali, sono frutto di processi di astrazione su idee e non su oggetti o fenomeni. Ma quante storie! potrebbe affermare qualche chimico esperto. I concetti di sostanza semplice e composta sono autoevidenti; da una parte, vi sono sostanze non più decomponibili, quali l'ossigeno, il cloro, il ferro, ecc.; dall'altra ve ne sono molte altre che sono costituite di quelle, come è possibile constatare effettuando determinate trasformazioni (e qui vengono mostrati alcuni esempi). Ma lo studente che ha memorizzato queste informazioni categoriche, ha forse acquisito strumenti cognitivi che lo mettano in condizioni di riferirle a fenomenologie chimiche per lui familiari?

I composti hanno una determinata composizione, ma si parla di composizione anche per le miscele ed in particolare per le soluzioni. Quali differenze ci sono tra "composto" e "miscela" o "soluzione"? Che cosa è una sostanza semplice? Che cosa è una sostanza composta? Proviamo a prendere in considerazione l'ultimo interrogativo e vediamo quale definizione si troverebbe consultando un dizionario. Nel *Devoto Oli* troviamo quanto segue:

Composto – *In chimica qualsiasi sostanza, di composizione fissa e definita, risultante dalla combinazione di due o più elementi chimici, le cui rispettive proprietà non vi sono riconoscibili.*

Se proviamo a cercare in un dizionario specialistico [12], troviamo questa definizione:

Composto – *Sostanza formata dalla combinazione di elementi chimici in proporzioni fisse. La formazione di un composto comporta una reazione chimica: in altre parole si verifica un cambiamento nella configurazione degli elettroni esterni degli atomi. Al contrario delle miscele, i composti non possono essere separati con mezzi fisici.*

Queste due definizioni sono sostanzialmente incomprensibili da chi non possieda già significative conoscenze chimiche. La maggior parte dei termini presenti non sono termini del linguaggio comune quotidiano, già conosciuti o comunque comprensibili per definizione; sono termini scientifici che possono avere significato solo nel contesto della comprensione delle teorie che essi contribuiscono a formalizzare. Inoltre, molti dei termini presenti in queste definizioni corrispondono a concetti psicologicamente complessi che hanno rappresentato e continuano a rappresentare ostacoli epistemologici. I dizionari, ancor meno quelli specialistici, non servono per comprendere i concetti scientifici. Quali concezioni hanno gli studenti di "sostanza", "elemento", "composizione fissa e definita", "combinazione di elementi chimici", "proprietà non più riconoscibili"? Sarebbe interessante verificarlo con studenti che hanno terminato un corso di chimica di base da un paio di anni.

Tutti i termini precedenti designano concetti raffinati che possono essere compresi soltanto all'interno di percorsi che vadano in profondità e non con attività superficiali e banalmente definitorie come generalmente fanno i manuali. Inoltre, molte volte gli estensori di tali volumi, avendo probabilmente qualche illuminazione sull'incomprensibilità del materiale proposto, cercano esemplificazioni, metafore ed analogie con cose familiari riuscendo, spesso, a realizzare l'opposto di ciò che si proponevano. Infatti tali esemplificazioni ed analogie si rivelano o delle banalizzazioni insignificanti o addirittura dei fraintendimenti dei concetti. Vediamo un esempio ripreso da un manuale, molto adottato alcuni anni fa, a proposito della Legge delle proporzioni multiple. Dopo aver presentato la legge in una decina di righe, viene sviluppata la seguente analogia, con lo scopo di rendere la legge più comprensibile: "Una ricetta di cucina mostra le proporzioni relati-

ve degli ingredienti proprio come una equazione chimica bilanciata mostra che le sostanze si combinano secondo rapporto fissi". [13]

Se è già difficile per uno studente comprendere il concetto di composto, è evidente che una trattazione di questo tipo riesce non solo a confondergli le idee ma lo porta a concezioni decisamente errate. Dal punto di vista fenomenologico, che è quello meno lontano dalle concezioni di senso comune, la distinzione tra miscele e composti è epistemologicamente fondamentale. Nella vita quotidiana si utilizza il termine "composizione" anche per le miscele eterogenee e quelle omogenee, come le soluzioni, per le quali il termine scientificamente più appropriato sarebbe concentrazione, e la differenza fenomenologica fondamentale è che mentre i composti hanno composizione fissa e definita, le miscele hanno composizione variabile e indefinita.

Sul piano didattico, l'importanza della legge di Proust non risiede essenzialmente nel fatto che permette di mantenere vivo il ricordo di un personaggio importante per lo sviluppo della chimica, quanto nel completare il concetto di sostanza composta con l'introduzione di una proprietà, la composizione definita – carica di teoria e tutt'altro che percettiva – che permette di stabilire se un materiale era una sostanza composta o un miscuglio solido. Si tratta di una caratteristica fondante dei composti, nonostante l'apparenza spesso mostri l'opposto. Nella realtà, molti composti sembrano avere composizione variabile, al pari delle miscele e delle soluzioni: ad esempio, le leghe ed i vetri che cosa sono? Questi hanno composizione variabile. Il concetto contemporaneo di composto è alquanto complesso e si deve a Lavoisier, il padre della chimica come scienza, la sua fondazione qualitativa. Furono poi necessari circa 30 anni per la sua compiuta definizione formale, per la sua caratterizzazione quantitativa. E ciò non perché Lavoisier non disponesse della composizione quantitativa di molti composti, ma per il fatto che mentre alcuni manifestavano una composizione fissa, altri sembravano averla variabile.

È famosa la controversia tra Proust e Berthollet. Il secondo rimproverava al primo la generalizzazione, il sostenere cioè che "tutti" i composti, e non soltanto "molti", avessero composizione fissa e definita. Però la genialità del-

l'intuizione di Proust sta nell'aver appunto affermato che "tutti i composti hanno composizione fissa e definita". Come tutte le grandi ipotesi scientifiche, quella di Proust, quando venne pubblicamente formulata nel 1800, era tutt'altro che confermata; vi erano anzi molti fatti sperimentali, quali le leghe e i vetri, che sembravano confutarla. La legge di Proust dopo alcuni anni venne assunta come una delle leggi fondamentali della chimica.

Ma in che cosa consiste l'importanza di una legge? Vediamo alcuni aspetti. Innanzitutto, una legge è importante perché afferma l'esistenza di una determinata regolarità: la legge di Proust definiva in modo rigoroso i composti e forniva un criterio per individuarli. In secondo luogo, perché spesso la nuova regolarità solleva altri interrogativi: nel caso della legge in oggetto, molti chimici iniziarono a chiedersi perché dalla combinazione di due determinati elementi tra loro si ottenevano generalmente pochi composti (2, 3, 4) e per di più con composizione fissa. La risposta a questi interrogativi sarebbe venuta pochi anni dopo con la teoria atomistica di Dalton che avrebbe poi conferito alla chimica, nell'arco di alcuni decenni, capacità esplicative e predittive inimmaginabili. In terzo luogo, perché una legge rende possibile la ricerca scientifica. Come direbbe Khun: i paradigmi rendono possibile la scienza normale [14]; dopo Proust, la determinazione della composizione quantitativa dei composti diventò un'attività centrale della chimica. Inoltre, tutti gli sviluppi teorici successivi furono possibili perché, nell'arco di pochi decenni, il perfezionamento o l'invenzione di nuovi strumenti per l'analisi quantitativa dei composti raggiunsero un tale sviluppo da permettere la determinazione accurata delle composizioni. Tutto ciò fu possibile grazie alla convinzione che le sostanze hanno composizione costante e che quindi, ad esempio, risultati più o meno diversi delle analisi dipendano non da una variabilità nella composizione delle sostanze, ma soltanto dall'incertezza dei dati sperimentali. Tale convinzione fornì anche un criterio operativo: quando i risultati di poche analisi (2-3) presentavano una dispersione contenuta entro margini di errore accettabili, la ricerca terminava e la composizione veniva semplicemente ricavata effettuando la media dei valori sperimentali.

4.3 – IL CONCETTO DI ELEMENTO

È stata concepita da molti secoli l'idea che la natura sia semplice e che la molteplicità delle sostanze esistenti sia riconducibile a poche sostanze elementari. Ma quest'idea è stata fino a due secoli fa soltanto un'idea metafisica, perché non vi erano ancora i presupposti concettuali e metodologici per potere individuare quali sostanze fossero effettivamente elementari. La teoria più antica era quella dei quattro elementi, ma nel corso dei secoli altre sostanze hanno avuto l'onore di assurgere al rango di materia prima. Tuttavia, ancora nella seconda metà del Settecento, la maggior parte degli scienziati continuava a considerare elementi l'aria, la terra, il fuoco e l'acqua, come d'altra parte sembravano generalmente confermare dati percettivi e fenomenologici. E Lavoisier stesso fu in grado di proporre la nuova teoria degli elementi chimici solo dopo che ebbe dimostrato sperimentalmente che terra, aria, acqua e fuoco non lo erano. L'ostacolo maggiore fu rappresentato dall'acqua: nonostante l'idrogeno fosse stato individuato, da molti anni, come quel gas infiammabile che si ottiene, ad esempio, facendo interagire alcuni metalli con determinati acidi, e nonostante fosse già stata realizzata la sintesi tra idrogeno e ossigeno, l'acqua continuava ad essere percepita come un elemento.

Ecco cosa scrisse Lavoisier nel suo Trattato di Chimica: *Se, con il nome di elementi, intendiamo designare le molecole semplici e indivisibili che costituiscono i corpi, è probabile che non le conosciamo. Se, al contrario, associamo al nome di elementi o principi dei corpi l'idea del termine ultimo al quale perviene l'analisi, allora sono elementi tutte le sostanze che non abbiamo ancora potuto decomporre in alcun modo.* [15]

Lavoisier diede dunque una definizione operativa di elemento, considerando tale ogni sostanza non ulteriormente scomponibile. Nel contesto della chimica fenomenologica o macroscopica di Lavoisier, il termine elemento aveva il significato di sostanza semplice che non ha più nell'ambito della chimica microscopica o interpretativa, dove sta ad indicare un determinato "tipo di atomo". Infatti si parla di configurazione elettronica, affinità elettronica, elettronegatività, numeri di ossidazione degli elementi ed è chiaro che, con tali espressioni, non ci si rife-

risce alle sostanze semplici.

Se si consultasse un dizionario che cosa si troverebbe? Nel Devoto Oli troviamo la seguente definizione:

Elemento – Sostanza semplice, pura, che prima della scoperta della radioattività si riteneva non suscettibile di decomposizione con metodi chimici e fisici; secondo gli antichi: il fuoco, l'aria, l'acqua e la terra erano i quattro elementi costitutivi del mondo fisico... nella chimica odierna, sostanza pura in cui gli atomi costituenti hanno eguale il numero e la disposizione degli elettroni.

Questa definizione è un esempio illuminante di come possano essere mescolati i due livelli di descrizione del mondo di cui si avvale la chimica: quello macroscopico, delle sostanze e quello microscopico, degli atomi. Questo avviene perché in entrambi si continua ad usare lo stesso termine - elemento - ma con significati profondamente diversi. Soltanto chi possiede conoscenze significative di chimica è in grado di comprendere, in base al contesto, quale significato assuma il termine elemento; ma per gli studenti l'ambiguità che lo accompagna ha sempre gravi conseguenze, in quanto è la causa dell'instaurarsi di concezioni difformi che rendono più problematico l'apprendimento della chimica.

Inoltre si può arrivare a conclusioni assurde, come mostrano queste citazioni ricavate da un libro di testo di chimica:

- Una **miscela** è costituita da due o più sostanze che possono essere separate mediante procedimenti fisici.
- Una **sostanza pura** è definita comun corpo omogeneo, ogni porzione del quale possiede specifiche proprietà fisiche e chimiche.
- Si chiamano **elementi** le sostanze pure che non possono essere ulteriormente decomposte con procedimenti chimici.
- Molti **elementi** consistono di **miscelle** di isotopi

Come può un elemento essere contemporaneamente una sostanza pura ed una miscela? Il fatto è che una sostanza pura che non può essere ulteriormente decomposta con procedimenti chimici non è un elemento, ma è costituita da un unico elemento. Quando si prende la sostanza semplice mercurio e la si fa reagire con la sostanza semplice ossigeno, si ottiene un composto chiamato ossido di mercurio. Si dice allora che quest'ul-

timo è formato dall'elemento mercurio e dall'elemento ossigeno e non che contiene la sostanza semplice mercurio e la sostanza semplice ossigeno, perché le proprietà di queste ultime sono completamente scomparse. Ciò che cade sotto la nostra percezione sono le sostanze semplici ed i composti che otteniamo da queste. Gli elementi non sono oggetto della nostra percezione in quanto si tratta di entità, in un certo qual modo, teoriche per cui il concetto di elemento può essere costruito solo nell'ambito dei modelli e delle teorie microscopiche. Tutte queste riflessioni costituiscono il fondamento della mappa concettuale della figura 1.

5 - I GAS

I gas rappresentano lo stato della materia più complesso psicologicamente, ma più significativo per la comprensione del pensiero chimico. Una traccia della sua significatività è rimasta nella trattazione manualistica, perché generalmente ai gas viene dato uno spazio molto più ampio rispetto ai solidi e ai liquidi. Ma la trattazione usuale è insignificante rispetto alla comprensione della chimica. Le proprietà fisiche dei gas sono diventate un capitolo del manuale di chimica che tratta un argomento specifico, non connesso al resto. Non si capisce più perché va affrontato anche all'interno

della chimica, visto che viene sviluppato negli stessi termini nel manuale di fisica.

Ma quale maggiore complessità psicologica! Un chimico esperto potrebbe affermare che i gas costituiscono lo stato più semplice della materia; la teoria cinetica dei gas ci dice che i gas sono costituiti da particelle piccolissime che si muovono all'infinito senza attirarsi tra loro. Quale splendida semplicità ci offrono i gas rispetto a tutte quelle interazioni che si verificano, invece, nei liquidi e nei solidi!

Abbiamo affermato che lo stato gassoso è quello più complesso psicologicamente, non riferendoci ovviamente alla sua trattazione specialistica, ma

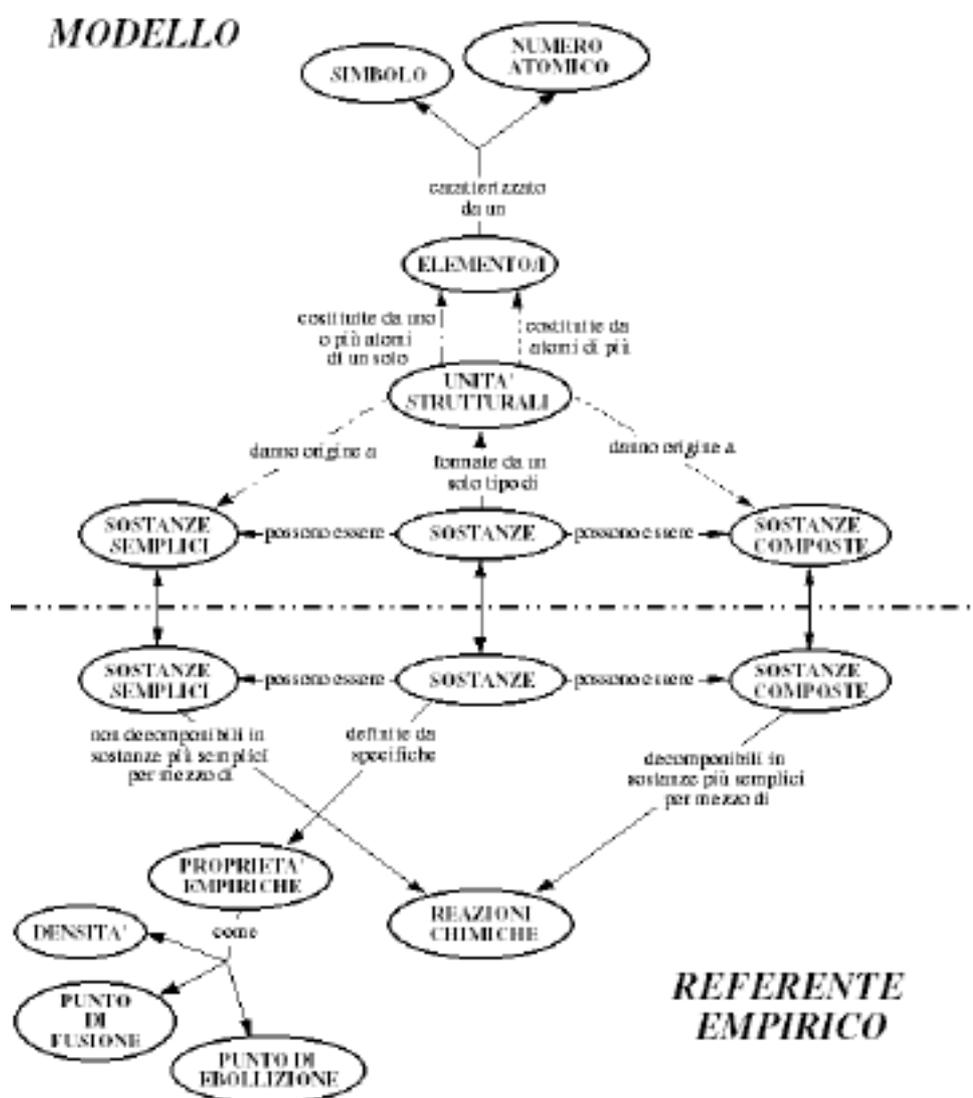


Figura 1 - Una mappa concettuale di alcuni concetti fondamentali della chimica

alla sua prima individuazione nella scuola di base come un modo di presentarsi della materia. È infatti molto diffusa tra gli allievi l'idea che i gas non abbiano peso, ossia non siano costituiti di materia, costruita a partire da una falsa evidenza e cioè dall'osservazione che i palloncini gonfiati con un gas tendono a sfuggire verso l'alto. La maggior parte degli allievi della scuola elementare pensano, sulla base di questi dati percettivi, che quanto maggiore è la quantità di gas immessa in un palloncino, tanto minore è il suo peso. Riteniamo che mentre la concettualizzazione fenomenologica dei liquidi e dei solidi potrebbe avvenire alla fine della scuola elementare, quella dei gas possa realizzarsi soltanto nel secondo o terzo anno della scuola media. Ciò non significa che precedentemente non si possano effettuare esperimenti nei quali siano coinvolti dei gas, come aria, vapore acqueo, ecc. Ma è cosa ben diversa concettualizzare lo stato gassoso, comprendere, cioè, alcune caratteristiche distintive di questo stato della materia che possano permettere di definirlo. La definizione di per sé non ha, per lo studente, nessun significato.

Un passo ulteriore per comprendere le proprietà dei gas sono gli esperimenti che fanno riferimento alle scoperte di Torricelli e di Boyle. Qui ci troviamo di fronte, di nuovo, ad un salto concettuale che può essere affrontato soltanto nel biennio della scuola secondaria superiore. Infatti tutti i concetti implicati, da quello di pressione a quello di elasticità dell'aria fino al rapporto di proporzionalità inversa tra volume e pressione, rappresentano degli ostacoli epistemologici: dalla paura aristotelica del vuoto, si passa ad una relazione quantitativa tra due grandezze dell'aria.

La fondamentale importanza dei gas per il pensiero chimico ha inizio a questo punto. Come per l'umanità, anche per lo studente l'acqua e l'aria hanno un ruolo particolare, rappresentano il prototipo rispettivamente dei liquidi e dei gas, con, tuttavia, una differenza fondamentale: mentre altri liquidi sono presenti nella vita quotidiana, gli altri gas non sono oggetto di percezione. In realtà, lo studente assimila precocemente alcuni nomi di gas, quali ossigeno, azoto, anidride carbonica, metano, ecc., ma queste sono solo parole cui non corrisponde nessun concetto: il concetto spontaneo di gas è un non concetto in

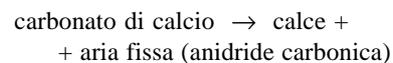
quanto non vi è associato, neppure per il prototipo, nessuna caratteristica distintiva. Le proprietà dell'aria connesse ai nomi di Torricelli e Boyle sono tutt'altro che autoevidenti. Basta ricordare che Galileo stesso, nonostante avesse affrontato il problema, continuò a ragionare in termini di paura del vuoto.

La comprensione di queste proprietà dell'aria costituisce il prerequisito per costruire la generalizzazione dello stato gassoso, per potere comprendere ed osservare altre arie (altri gas). Inizialmente furono chiamate arie, volendo con ciò intendere che erano fisicamente simili all'aria ma chimicamente diverse. Vi è una rilevante asimmetria: mentre lo stato solido e liquido sono sempre stati percepiti dall'umanità, lo stato gassoso ha iniziato ad esistere solo recentemente, a partire dagli inizi del Settecento. Fenomeni ed esperimenti nei quali erano implicati gas erano conosciuti dall'antichità, ma i gas sfuggivano all'osservazione, alla percezione diretta. Le scoperte di Torricelli e Boyle furono possibili grazie all'invenzione di particolari dispositivi che permettevano di "vedere" l'aria, e di poterla osservare in modo talmente accurato da poterne misurare alcune proprietà. Lo strumento fondamentale è ovviamente quello di Torricelli che permette di racchiudere l'aria e di conoscerne la pressione semplicemente misurando un dislivello.

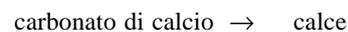
Lo strumento di Torricelli diventerà un secolo dopo, per tutto il Settecento, lo strumento fondamentale della chimica, l'equivalente per la chimica di ciò che fu il microscopio per la biologia e il cannocchiale per l'astronomia. Venne chiamato *bagno pneumatico*, ed in genere si utilizzava acqua al posto del mercurio. Rispetto agli altri due strumenti citati è particolarmente banale, e probabilmente come dispositivo in sé era già conosciuto da molto tempo, ma diventò uno strumento scientifico significativo solo dopo che Torricelli l'ebbe usato per confermare le sue ipotesi; assurde poi al ruolo di "microscopio" della chimica, soltanto dopo che Hales iniziò ad utilizzarlo in modo insolito, per raccogliere le *arie* che si producevano in seguito a trasformazioni chimiche. Utilizzato in questo modo, il bagno pneumatico permise, nell'arco di cinquanta anni, di iniziare a popolare di alcuni individui lo stato gassoso. Black scoprì un'aria più pesante del-

l'aria atmosferica ed incapace di mantenere la combustione e la respirazione. La ottenne dalla decomposizione del calcare o più semplicemente dalla reazione tra un acido e calcare; non era altro che diossido di carbonio (anidride carbonica). Black la chiamò *aria fissa*, volendo così intendere quell'aria contenuta nel calcare; venne chiamata anidride carbonica ottanta anni dopo, quando si capì che era un composto acido di carbonio ed ossigeno. Alcuni anni dopo le ipotesi di Black, si scoprì che da un altro tipo di reazioni note da secoli, quelle tra acidi e metalli non nobili, si otteneva un'aria infiammabile, molto più leggera dell'aria, che venne successivamente chiamata idrogeno, quando ci si rese conto che era uno dei due componenti dell'acqua.

Il bagno pneumatico permise, da una parte, di scoprire il terzo stato di aggregazione della materia, quello gassoso, e dall'altra, di sviluppare la chimica delle arie. Diventò, cioè, possibile osservare in modo completamente nuovo innumerevoli trasformazioni chimiche, note da secoli o millenni, quali, ad esempio, la calcinazione del calcare. Questa è stata fin dall'antichità una reazione particolarmente importante, perché permetteva di ottenere la calce, un legante utilizzato nelle costruzioni. Si sapeva che occorreva riscaldare il calcare in modo energetico, in apposite fornaci, e che la resa era circa del 50 % in peso. Solo verso la metà del Settecento si comprese che questa trasformazione consiste nella decomposizione del carbonato di calcio in calce ed anidride carbonica:



Mentre prima essa veniva semplicemente descritta in questi termini:



L'apparenza coincideva con la realtà. La consistente diminuzione di peso non rappresentava un problema. Vi erano molte altre trasformazioni chimiche di questo tipo; ve ne erano poi altre in cui il peso sembrava aumentare. Ne era stata quindi tratta la conseguenza di annoverare il peso tra le altre proprietà delle sostanze e di considerare le trasformazioni chimiche come quelle magie in cui da certe sostanze se ne ottenevano altre con proprietà completamente diverse, compreso il peso.

La conservazione del peso è un concetto complesso anche sul piano psicologico, come è stato messo in evidenza dalle ricerche piagetiane. Queste hanno infatti mostrato il divario esistente nella comprensione, da parte dei bambini, della conservazione del peso, in semplici trasformazioni di forma. Nei classici esperimenti di riduzione di palle di plastilina alla forma di una schiacciatina o di un salame, si constata una sfasatura di circa due anni tra l'acquisizione della conservazione della sostanza e quella del peso (e di altri due anni con quella del volume) [16]. Di complessità psicologica superiore è il problema della conservazione nel caso di trasformazioni fisiche, dove spesso il comportamento del volume non è più solidale con quello della sostanza e del peso. Infine, ci troviamo di fronte ad un vero ostacolo epistemologico nel caso delle trasformazioni chimiche nelle quali è proprio la sostanza che non si conserva.

6 – IL SIGNIFICATO DEGLI STRUMENTI SCIENTIFICI NELL'APPRENDIMENTO

Parlando della scienza moderna si sottolinea giustamente il ruolo fondamentale degli strumenti scientifici: essi hanno permesso infatti di osservare la natura in un modo molto più efficace, facendo vedere cose inimmaginabili alla percezione diretta. Gli esempi ai quali si ricorre sono sempre quelli del microscopio e del cannocchiale; tuttavia se si analizza lo sviluppo di una qualsiasi disciplina scientifica, ed in particolare della chimica e della fisica, si osserva costantemente uno sviluppo parallelo di nuovi concetti e di nuovi strumenti. La più ovvia caratteristica del sapere scientifico è che può essere applicato, che grazie ad esso nuove cose diventano possibili: questo nuovo campo viene di solito indicato con il termine "tecnologia". Quindi la scienza include la tecnologia, tanto è vero che sta imponendosi il termine *tecnoscienza* per indicare quell'insieme di pratiche sociali che portano alla produzione del sapere scientifico. Si può effettivamente comprendere, come afferma Geymonat, il nesso inscindibile di teoria e tecnica: da una parte, sono gli strumenti che permettono di conferire realtà alle più ingegnose congetture scientifiche, dall'altra sono le teorie e le ipotesi che spesso guidano l'invenzione ed il perfe-

zionamento degli strumenti. [17]
 Nel caso della chimica, il rapporto tra scienza e tecnica è molto stretto e questo imporrebbe di usare il laboratorio in modo significativo dal punto di vista cognitivo: vale a dire soprattutto per mettere alla prova congetture e previsioni formulate dagli studenti nel corso dello studio di questa disciplina. Purtroppo le cose non stanno così: il laboratorio è raramente utilizzato, e quando è impiegato sistematicamente, come avviene negli istituti tecnici e professionali, quasi sempre si riduce essenzialmente all'addestramento a determinate tecniche di analisi. Vi è una totale separazione tra i due campi della teoria e della pratica: da una parte, le conoscenze chimiche, la teoria; dall'altra, la pratica, la tecnica intesa come attività di routine, standardizzata.
 In un insegnamento centrato sulla comprensione, teorie e concetti, tecniche e strumenti devono essere, invece, riaggregati, perché il significato si realizza circolarmente dagli uni agli altri. In questo modo, anche nell'apprendimento gli strumenti scientifici possono svolgere il ruolo cognitivo che loro compete, quello di strumenti indispensabili per la costruzione e comprensione di molti concetti scientifici. Già Bacone aveva compreso la fondamentale importanza cognitiva degli strumenti: "Non la sola mano, o l'intelletto in sé possono sussistere; tutto si compie mediante gli strumenti e i mezzi ausiliari". Vygotskij e Bruner hanno ripreso tutto ciò nella prospettiva della loro psicologia culturale e sociale. [18]

7 – I CONCETTI FONDAMENTALI DELLA CHIMICA

Durante il Settecento nasce lo stato gassoso che si popola man mano di gas aventi la caratteristica di essere chimicamente attivi. Questo concetto costituisce un'altra rottura epistemologica, perché il prototipo dei gas, l'aria, era nel Sei-Settecento concepito come chimicamente non attivo. La chimica delle arie rappresentò la condizione necessaria, seppur non sufficiente, della scoperta geniale dei principi della chimica, avvenuta negli ultimi decenni del Settecento per opera di Lavoisier.
 Anche a bambini di sette-otto anni si insegna che l'aria è costituita di ossigeno ed azoto. Inoltre, precocemente viene loro insegnato che dalla combustione e dalla respirazione si pro-

duce anidride carbonica ed acqua, e che per fortuna esiste nelle piante la fotosintesi clorofilliana che utilizza lo scarto della combustione, l'anidride carbonica, per produrre ciò che permette loro di vivere e di svilupparsi. Questi sono indubbiamente fenomeni di grandissima rilevanza, ed è una preoccupazione educativa condivisibile quella che essi siano conosciuti da tutti gli studenti. Quindi, a maggior ragione, essi non devono essere trattati come barzellette: non sono, infatti, fenomeni che possano essere direttamente osservati; ma possono essere compresi soltanto all'interno di quadri teorici troppo complessi per la scuola di base.

Provate con studenti di quattordici-quindici anni, ed anche con studenti di diciotto-diciannove anni, iscritti nelle varie facoltà universitarie, a verificare, effettuando esperimenti di combustione, che cosa pensano che succeda. Molteplici ricerche hanno evidenziato l'inconsistenza dell'insegnamento scientifico formale prematuro e la persistenza di concezioni prelavoisieriane: le combustioni sarebbero quelle trasformazioni in cui certi materiali, consumandosi, producono luce e/o calore. Le combustioni avverrebbero quindi con sparizione di materia e con consistente diminuzione di peso. Anche in questo caso, *l'apparenza viene presa come realtà*; essa è infatti un'apparenza percettiva solida, consistente, reale, e comunque più convincente delle chiacchiere nozionistiche scolastiche. [19]

Anche qui ci troviamo di fronte ad un significativo ostacolo epistemologico, legato probabilmente alla concezione fortemente radicata della natura non materiale dei corpi aeriformi, che non può essere aggirato con il solito approccio astratto, definitorio, frettoloso; può essere risolto con un salto nella comprensione, se viene affrontato nel biennio (e non prima) mettendo in relazione le concezioni spontanee degli studenti con il contesto problematico che ha permesso il passaggio dalle concezioni prescientifiche a quelle attualmente accreditate. Vi è un anno, il 1772, che viene indicato come spartiacque tra la chimica prescientifica e quella scientifica: in quell'anno Lavoisier formulò l'idea che durante la combustione si ha la combinazione con l'aria. Sentiamo le sue parole: "Sono circa otto giorni che ho scoperto che lo zolfo, bruciando, invece di

perdere peso, al contrario ne acquista (...) Questo aumento di peso deriva da una quantità prodigiosa di aria che si fissa durante la combustione (...) Questa scoperta m'ha fatto pensare che ciò che osservavo nella combustione dello zolfo e del fosforo avrebbe potuto aver luogo con tutte le sostanze che acquistano peso con la combustione e la calcinazione".

Nei quindici anni successivi, Lavoisier si dedicò ad un programma di ricerca finalizzato alla conferma ed all'approfondimento di queste ipotesi, avendo egli fin dall'inizio intuito la loro portata rivoluzionaria. Il chimico francese, reinterpretando completamente, alla luce della sua ipotesi, le scoperte sperimentali di molti altri chimici (quali Priestley), elaborò i principi basilari della scienza chimica, tra i quali occupa un posto di grande rilievo il *Principio di conservazione del peso*. Lavoisier aveva intuito che doveva operare in recipienti ermeticamente chiusi, che impedissero il passaggio dell'aria. Operare in questo modo era completamente innaturale, anche per il rischio di esplosione nel riscaldamento ad alte temperature di recipienti di vetro chiusi. Vediamo le considerazioni di Lavoisier: "Ecco il ragionamento che ho fatto a me stesso: se l'aumento di peso dei metalli calcinati nei recipienti chiusi è dovuto, come pensava Boyle, all'addizione delle sostanze della fiamma e del fuoco che penetrano attraverso i pori del vetro e che si combinano con il metallo, ne consegue che: se dopo aver introdotto una quantità conosciuta di metallo in un recipiente di vetro, ed averlo chiuso ermeticamente, se ne determina esattamente il peso; se si procede poi alla calcinazio-

ne per mezzo del fuoco dei carboni, come ha fatto Boyle; ed infine se si ripesa lo stesso recipiente dopo la calcinazione prima di aprirlo, il suo peso deve trovarsi aumentato di tutta la quantità della sostanza del fuoco che si è introdotta durante la calcinazione. Se, al contrario, mi sono detto ancora, l'aumento di peso della calce metallica non è dovuta alla sostanza del fuoco né di alcuna sostanza esterna, ma alla fissazione di una porzione di aria contenuta nel volume del recipiente, il recipiente non dovrà essere più pesante dopo la calcinazione di prima, dovrà solamente trovarsi in parte vuoto di aria, e non è che al momento in cui la porzione di aria mancante sarà entrata che l'aumento di peso del recipiente

dovrà aver luogo".

È con esperimenti di questo tipo, condotti in recipienti chiusi, che Lavoisier fu in grado di iniziare a confermare due principi basilari della chimica:

- 1) il principio della conservazione del peso nelle trasformazioni chimiche;
 - 2) la combustione e la calcinazione dei metalli sono due fenomeni che avvengono con combinazione con l'aria.
- Dopo queste scoperte, il peso, che fino ad allora era stato considerato una proprietà della materia di scarsa rilevanza teorica per la chimica, diventò la variabile più importante della scienza chimica e la bilancia divenne lo strumento fondamentale.

Anche per la chimica, come già era avvenuto nel secolo precedente per la fisica, il superamento della fase prescientifica si realizzò con l'individuazione di concetti quantitativi, sulla base di un principio quantitativo, il principio di conservazione del peso. Anche per la chimica, la matematizzazione costituì il passaggio decisivo, ma fu una matematizzazione deludente per chi era ormai abituato ai sublimi vertici matematici cui era pervenuta la fisica con la meccanica razionale. Questa disciplina aveva, infatti, raggiunto una tale perfezione da essere considerata fino ad Enstein la vera descrizione del mondo. Aveva conseguentemente assunto il ruolo di modello della razionalità scientifica, rispetto al quale giudicare le altre scienze. Il riduzionismo imperante non ha permesso per molto tempo di cogliere la sublime semplicità del inguaggio matematico della chimica classica, costituito essenzialmente dalle quattro operazioni e dalle proporzioni, e che ha, a nostro parere, implicazioni pedagogiche di grande rilevanza.

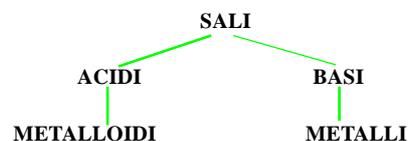
La chimica, come è usualmente insegnata, ossia facendo riferimento a teorie e modelli microscopici, è troppo complessa, ed esige dall'allievo il possesso di solide basi di tipo fisico. Di conseguenza, se il ruolo formativo della chimica coincidesse con le teorie chimiche del Novecento, nella disputa che dura da decenni tra chimici e fisici sullo spazio da attribuire all'una e all'altra nella scuola secondaria superiore, non ci potrebbero essere dubbi (a parte le richieste di tipo corporativo): alla fisica andrebbe assegnata una collocazione centrale, mentre alla chimica verrebbe attribuito un ruolo di secondo piano, relegandolo negli anni terminali della scuola secondaria superiore.

Se invece si attribuisce il giusto valore, epistemologico e culturale, alla chimica macroscopica, la situazione risulta radicalmente diversa. Si giustifica allora l'insegnamento della chimica nei primi anni della scuola secondaria superiore, in quanto i formalismi matematici necessari per comprendere le leggi classiche della chimica sono di un livello più che elementare rispetto a quelli della fisica. Infatti, la matematizzazione delle leggi classiche della chimica è sostanzialmente riconducibile, come si è detto, alle quattro operazioni ed alle proporzioni.

A parere di Lavoisier, la teoria più importante ereditata dai chimici delle generazioni precedenti era la gerarchia compositiva esistente tra sali, acidi e basi



Conseguenza immediata della scoperta del 1772, che Lavoisier fu in grado di confermare negli anni successivi, fu il completamento di questo schema compositivo con l'aggiunta dei metalli e dei metalloidi:



I metalli e altre sostanze, quali lo zolfo, il fosforo ed il carbonio risultarono più semplici degli acidi, delle basi e dei sali. Anche quasi tutti i metalli non si trovano in natura sotto forma di sostanze semplici. Essi hanno svolto un ruolo importante nella vita degli uomini fin dall'antichità, cioè fin da quando fu inventata la tecnica che permetteva di ricavarli in fornaci potenti, a partire da minerali opportuni e carbone. I metalli erano il risultato della combinazione di determinati minerali e carbone; apparentemente risultavano meno semplici dei minerali da cui erano ricavati. Però, con la teoria dell'ossigeno, Lavoisier fu in grado di mostrare il contrario, mettendo in evidenza, ad esempio, che le calce metalliche erano composti di metallo ed ossigeno. Trascorsero, tuttavia, circa altri dieci anni prima che essi assurgessero al ruolo di sostanze semplici. Lavoisier dovette, infatti, sia cercare di confermare il più possibile che essi non fossero ulteriormente decomponibili, sia, come abbiamo già detto, fare i conti

con la teoria dei quattro elementi. Soltanto nel 1787 formulò l'ipotesi, allora rivoluzionaria, di elemento chimico come sostanza semplice. Da idea metafisica quale era per Aristotele ed i suoi epigoni, Il concetto di elemento chimico, inteso come sostanza semplice, diventava un concetto operativo: doveva essere considerato elemento ciò che resisteva all'analisi chimica, e, in principio, non avrebbe potuto mai esserci la certezza che si fosse individuata la tecnica di analisi sufficiente. Benché egli pensasse che non si trattasse di sostanze semplici, Lavoisier introdusse nella sua Tavola degli elementi chimici anche alcune sostanze (le calci: calce, magnesia, barite, allumina e silice) che sarebbero poi state decomposte successivamente.

Il concetto di sostanza, quelli collegati di sostanza semplice e composta e il concetto di elemento non sono concetti autoevidenti, naturali, che possano essere assunti nell'insegnamento come assiomi. Sono concetti che devono essere costruiti a partire dalle conoscenze di senso comune degli studenti, connesse a fenomenologie chimiche elementari. È necessario un lungo percorso nella scuola di base e nel biennio, con un'impostazione prima di tipo fenomenologico e operativo, poi di carattere problematico e contestuale. Nella scuola di base si può arrivare fino al concetto empirico di sostanza, che va poi ulteriormente approfondito; la distinzione, invece, tra sostanza semplice e composta va costruita nel biennio, perché con questi concetti si realizza un salto di tipo epistemologico: non sono, infatti, concetti di tipo categoriale, ma di tipo

formale, elaborati con processi mentali relativi non ad oggetti, ma ad idee, e quindi la loro comprensione non è legata né a esperimenti ingenui, né a definizioni. Infine si potrà costruire il concetto di elemento nell'ambito dei modelli esplicativi che fanno riferimento alla teoria atomica.

I concetti di sostanza semplice e composta sono strettamente interrelati ad altri concetti chimici fondamentali, quali quelli di bagno pneumatico, gas, sistema chimico chiuso, principio di conservazione del peso, ruolo dell'ossigeno, e gerarchia compositiva del mondo inorganico. Si tratta di concetti che possono essere compresi soltanto se si ricostruisce la rete delle relazioni che li connette a tutti questi altri concetti. Questi ultimi si incontrano prima o poi anche nell'insegnamento usuale della chimica, ma in modo atomistico e acontestuale. Invece la comprensione degli uni e degli altri è solidale, e risiede nelle relazioni che li connettono. Un concetto potrà poi acquisire per lo studente un significato di carattere generale, ma questo è un punto d'arrivo e non di partenza: quest'ultimo sta sempre nell'elaborazione del concetto in situazioni specifiche, caratterizzate da contesti specifici.

Bibliografia

- [1] C. Fiorentini, "Quali condizioni per il rinnovamento del curricolo di scienze?", in F. Cambi (a cura di), *L'arcipelago dei saperi. Progettazione curricolare e percorsi didattici nella scuola dell'autonomia*. Le Monnier, Firenze, 2000.
- [2] N. Grimellini Tomasini, G. Segrè, *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*. La Nuova Italia, Firenze, 1991.
- [3] A. Thackray, (1970), *Atomi e forze. Studio sulla teoria della materia in Newton*.

Il Mulino, Bologna, 1981.

- [4] C. Fiorentini, *La Prima Chimica*. Angeli, Milano, 1990.
- [5] E. Roletto, "Solido, liquido, dei concetti banali?" *Scuola e Città*, 1990, n. 5/6, 243-250
- [6] P. Mirone, "Perché la chimica è difficile?", *CnS-La Chimica nella Scuola*, 1999, XXI (3), 67-70.
- [7] E. Roletto, B. Piacenza, "Il concetto di sostanza: una indagine sulle concezioni degli studenti universitari", *CnS-La Chimica nella Scuola*, 1993, XV (1), 11-15.
- [8] P. Mirone, E. Roletto, "Sostanze, miscele, reazioni: un'indagine sulle concezioni delle matricole di chimica", *CnS-La Chimica nella Scuola*, 1999, XXI (4), 116-121.
- [9] G. Devoto, G. C. Oli, *Il dizionario della lingua italiana*. Le Monnier, Firenze, 1995.
- [10] R. J. Gillespie, D. A. Humphreys, N. C. Baird, E. A. Robinson, (1986) *Chimica*. Società Editrice Scientifica, Napoli, 1988.
- [11] P. Mirone, "Per una definizione operativa del concetto di reazione", *Nuova Secondaria*, 1996, n. 2, 84-86.
- [12] *Dizionario enciclopedico dei termini scientifici*. Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, 1990.
- [13] R. C. Smoot, J. S. Price, R. G. Smith, D. Cacciatore, (1983), *Corso di chimica moderna*. Le Monnier, Firenze, 1985.
- [14] T. S. Khun, (1962), *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*. Einaudi, Torino, 1969.
- [15] A. Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie*, Paris, 1789, pp. XVII -XVIII
- [16] J. Piaget, B. Inhelder, (1962) *Lo sviluppo delle quantità fisiche nel bambino*. La Nuova Italia, Firenze, 1971.
- [17] L. Geymonat, *Lineamenti di filosofia della scienza*. Mondadori, Milano, 1985.
- [18] J. Bruner, *Celebrare la divergenza, Piaget e Vygotskij*. In O. Liverta Sempio, *Vygotskij, Piaget, Bruner. Concezioni sullo sviluppo*. Raffaello Cortina Editore, Milano 1998.
- [19] G. Cavallini, *La formazione dei concetti scientifici*. La Nuova Italia, Firenze, 1995

Lettere



Caro Direttore, l'articolo di Fiorentini e Roletto, pubblicato in questo numero solleva alcuni fondamentali problemi sul rapporto tra insegnamento formale e presunto sviluppo cognitivo degli studenti.

Si tratta di una riflessione approfondita che riflette convinzioni maturate nel tempo dagli autori. Condivido molte delle preoccupazioni espresse nell'articolo, tanto più che sono con-

vinto della scarsa sensibilità di una parte dei docenti al problema: essi propongono agli studenti livelli di astrazione e formalismi inconciliabili con la loro maturazione mentale.

Ma la coerenza epistemologica degli autori e una certa radicalità delle soluzioni da loro avanzate, che non tengono sufficientemente conto del contesto scolastico e sociale, non mi convincono del tutto.

In sostanza mi sembra che gli autori non avvertano la necessità di individuare una difficile ma possibile soluzione di compromesso.

Ho avuto occasione di scambiare qualche idea con l'amico Fiorentini il quale mi ha invitato ad aprire un pubblico dibattito tra i nostri lettori, invito che ho accolto volentieri convinto, come sono, che all'interno della Divisione si discuta troppo poco. Ho riportato un primo giro di osservazioni nella mia rubrica "Uno sguardo dalla cattedra" e rimango in attesa che si levino delle voci.

Saluto te e tutta la redazione

Ermanno Niccoli

pag. 177 



MOLECOLE, MOLI e....pastine

Cattadori Corrado, Serafini Andrea

Descriviamo una semplice esperienza didattica che ha lo scopo di rendere più efficace e stabile l'apprendimento di alcuni concetti, visualizzandoli e concretizzandoli tramite l'attività di laboratorio.

Le difficoltà d'apprendimento e di assimilazione dei concetti quando viene a mancare il supporto delle esperienze in laboratorio sono più accentuate e i concetti appresi sono meno stabili. Il non "toccare con mano, il non vedere" determina nei giovani allievi un apprendimento labile e poco riflessivo. I risultati nelle verifiche evidenziano queste difficoltà. Un esempio sono le masse molecolari relative, la "trasformazione" [1] di valori adimensionali in valori dimensionali (masse molari) e il fatto che tali grandezze contengono lo stesso numero

di molecole. L'ostacolo lo abbiamo superato con un'esperienza forse un po' originale, ripercorrendo in modo "quasi parallelo" la strada per la determinazione delle masse molecolari relative delle sostanze aeriformi. I risultati ottenuti dalle verifiche e la stabilità dei concetti sono stati soddisfacenti.

L'esperienza è stata eseguita da due classi prime, per un totale di diciotto gruppi. Gli oggetti, i modelli, con cui lavorare sono stati vari tipi di pastine alimentari.

Il punto di partenza è il principio di Avogadro; ogni gruppo determina le masse di numeri uguali (ma diversi da gruppo a gruppo) di elementi di ogni tipo di pastina, posti in becher uguali, immaginando di operare con sistemi gassosi di uguale volume ma in condizioni di pressione e temperatura diverse.

Vengono, poi calcolati i rapporti delle masse rispetto alla massa più piccola

(riso): concetto di valore relativo. Visto il numero uguale di elementi contenuti nei vari campioni di un gruppo, i valori rappresentano i rapporti tra le masse di singoli elementi. Questi valori adimensionali indicano quante volte la massa di un chicco di riso è contenuta nella massa di una farfallina, di una pennetta,.....

Data l'impossibilità di determinare con precisione, utilizzando una bilancia tecnica, la massa di un chicco di riso, si è posta questa uguale a uno. Quindi la "massa pastina relativa" (massa molecolare relativa) di una pastina è la massa riferita a quella di un chicco di riso posta uguale a uno. A questi numeri puri, è stato poi dato il significato dimensionale e operativo, attraverso l'impiego della bilancia, di massa molare M ($\text{g} \times \text{mol}^{-1}$). Alla fine si sono contate le pastine che compongono i diversi campioni.

La tabella presenta i valori medi ottenuti dai diciotto gruppi, operando su sette campioni contenenti un numero di elementi diverso da gruppo a gruppo: da 25 a 60.

A masse diverse ("mole pastina") corrisponde lo stesso numero di elementi. (A masse molari diverse corrisponde lo stesso numero di molecole).

L'accostamento sperimentale è stato un po' forzato; ma la partecipazione attiva in laboratorio dei giovani allievi nell'eseguire più volte l'esperienza e il risultato, forse lo giustificano

CAMPIONI	MASSA RELATIVA	MASSA (g) (mole pastina)	N° PEZZI CONTENUTI
RISO	1	1	42
FARFALLE	4,63	4,63	42
DITALINI RIGATI	4,12	4,12	42
DITALINI MEDI	6,17	6,17	42
GNOCCETTI SARDI	16,42	16,42	42
PIPETTE RIGATE	29,54	29,54	42
PENNETTE	18,79	18,79	42



Bibliografia

[1] A. Bargellini, Chimica in azione, Carlo Signorelli Editore, Milano, 1999. Vol.1, pag 91-94.

Classi 1A-1B I.T.I.S. "U.Follador"
Via 5 maggio, 16
Agordo (BI)
Tel.0437-62015,Fax 0437-63360
e-mail: follador@sunrise.it

Area di progetto: Realizzazione di uno strumento per la verifica della seconda legge di Gay-Lussac

Introduzione

Per la formazione dell' allievo che debba prendere dimestichezza con l'osservazione sperimentale di sistemi e fenomeni naturali, può essere utile lo studio delle leggi dei gas: esso infatti fornisce agli allievi dei primi anni di scuola superiore l'occasione di applicare a un sistema relativamente semplice quelle nozioni apprese nel corso di matematica su concetti quali correlazione lineare, proporzionalità diretta e proporzionalità inversa. Gli allievi possono quindi sperimentare le potenzialità che una disciplina astratta quale la matematica può offrire nel campo delle scienze sperimentali, apprezzandone il campo di validità e abituandosi a fare una valutazione critica dell'eventuale deviazione dalla teoria dell'esperienza pratica.

Nella nostra scuola, un istituto tecnico industriale, il cambiamento dei programmi ministeriali di qualche anno fa, con lo slittamento della chimica alla classe prima ed una temporanea, ma fruttuosa, escursione nella sperimentazione Brocca, che determinò una più stretta collaborazione tra i laboratori di chimica e di fisica, permise agli insegnanti di queste due discipline di giungere ad un accordo sulla trattazione dei gas: entrambi si sarebbero occupati dell'argomento, ma in particolare sarebbe spettata al laboratorio di chimica la cura della verifica sperimentale delle leggi dei gas.

Il laboratorio di chimica era in grado di fornire a ciascun allievo il materiale necessario per consentire l'osservazione individuale dell'andamento pressione / volume a temperatura costante e volume / temperatura a pres-

PATRIZIA DALL'ANTONIA^(*)

sione costante: la verifica, dunque, della legge di Boyle e della prima legge di Gay - Lussac (nota anche come legge di Charles) non presentava problemi.

Anche l'andamento pressione / temperatura a volume costante poteva venir osservato collettivamente per mezzo di uno strumento relativamente semplice disponibile nella scuola; d'altra parte i docenti ritenevano più utile l'osservazione fatta individualmente dall'allievo.

L'occasione per realizzare altri strumenti che consentissero la verifica individuale della seconda legge di Gay - Lussac, si ebbe in seguito all'introduzione dell' "area di progetto". Pur nella consapevolezza della difficoltà di guidare allievi delle classi inferiori ad una vera e propria iniziativa di progettazione e di realizzazione di uno strumento, in considerazione della molteplicità delle discipline coinvolte (chimica, fisica, matematica, disegno tecnico, tecnologia) e dell'interesse dell'argomento, fu decisa l'attuazione dell'iniziativa, iniziando con tre classi prime.

Dal momento che il lavoro dell'area di progetto ha inizio verso la fine del primo anno e si svolge per la maggior parte durante il secondo anno, gli allievi erano già in possesso di semplici nozioni di analisi matematica e di statica dei fluidi; conoscevano inoltre il concetto di pressione e avevano già sperimentato ed appreso le leggi dei gas, nell'approssimazione del gas ideale.

Descrizione del lavoro

La proposta è stata quella di costruire, utilizzando come prototipo lo strumento già usato in forma collettiva,

altri strumenti basati sugli stessi presupposti teorici. Si richiedeva però agli studenti l'introduzione di alcune modifiche tali da consentirne la realizzazione in conformità con precisi obiettivi didattici e nel rispetto della sicurezza del laboratorio.

Un disegno in scala del prototipo è presentato in figura 1. La beuta A contiene un gas o una miscela gassosa (generalmente si lavora con aria) alla pressione atmosferica; essa viene immersa in un bagno termostatico ad acqua provvisto di termometro ed è collegata a un braccio di un manometro a mercurio (l'altro braccio è aperto). Il volume del gas deve restare pressoché costante; una variazione della temperatura produce una variazione di pressione che si rileva dal cambiamento di livello nei due bracci del manometro. Il dislivello Δh viene considerato positivo quando la pressione aumenta, negativo quando diminuisce; con semplici conversioni si arriva a un valore di ΔP che, sommato alla pressione atmosferica, fornisce la pressione del gas.

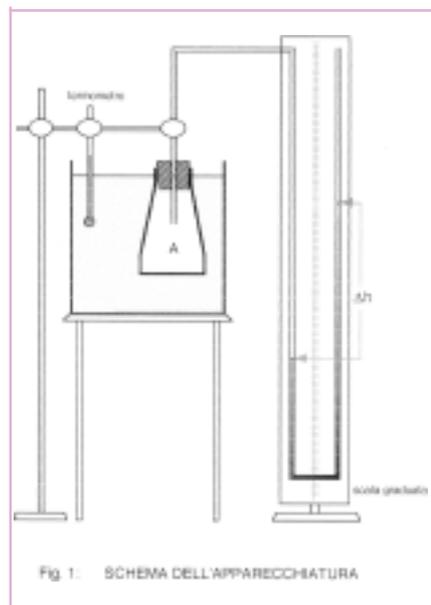


Fig. 1: SCHEMA DELL'APPARECCHIATURA

Agli allievi è stata richiesta la realizzazione di strumenti che, mantenendo le stesse dimensioni (ideali per porre lo strumento su di un banco di lavoro e consentire una comoda lettura), utilizzino liquidi manometrici diversi dal mercurio. Tale richiesta è dovuta a due ragioni fondamentali:

- una di tipo tecnico: il mercurio è di difficilissima manipolazione, e i suoi vapori sono altamente tossici;
- una di tipo didattico: con allievi nella fase di entrata nella scuola secondaria superiore è opportuno affrontare semplici problemi connessi con la statica dei fluidi, in quanto tale argomento risulta spesso di difficile applicazione pratica.

Uno degli obiettivi del lavoro è proprio relativo alla statica dei fluidi. Un esempio tipico è, per esempio, il calcolo dell'altezza della colonna d'acqua la cui pressione è uguale a quella determinata da un dislivello di x mm di mercurio in un tubo ad U; se gli allievi possono osservare direttamente l'effetto di una variazione di pressione su un tubo ad U riempito di mercurio rispetto ad uno riempito di un liquido manometrico meno denso, paragonando quindi gli effetti di liquidi manometrici diversi (meno è denso il liquido più dislivello osservo: perché?), possono arrivare in modo autonomo alla formulazione della legge di Stevino, prima qualitativamente e poi quantitativamente. In seguito possono essere in grado di prevedere un giusto dimensionamento per lo strumento da realizzare.

Difficoltà rilevanti si riscontrano per l'uso delle unità di misura: un buon numero di allievi all'inizio non riesce nemmeno a distinguere il concetto di grandezza fisica da quello della sua unità di misura. Anche in seguito, superato questo primo impedimento, si presentano difficoltà nella conversione di un'unità di misura in un'altra, soprattutto se le stesse si riferiscono a grandezze fisiche derivanti dal rapporto di altre più semplici (densità, velocità, pressione, etc.). D'altro canto sempre più spesso si richiede anche nella vita quotidiana l'uso delle unità del Sistema Internazionale, per cui è opportuno abituare il prima possibile gli allievi a questa normativa. Il lavoro proposto è in buona parte fondato su misure di pressione, e presenta quindi un'ottima occasione di esercizio al riguardo.

Scelta dei liquidi manometrici

Agli allievi è stato inizialmente posto il problema della scelta di qualche sostanza allo stato liquido che potesse sostituire il mercurio nel manometro; le prime proposte si sono indirizzate su alcool, olio ed acqua.

Il lavoro è quindi partito con osservazioni qualitative riguardo alle possibilità di funzionamento di un manometro con dette sostanze: i liquidi sono stati introdotti in tubi ad U piegati dagli allievi stessi in laboratorio e collegati ad una beuta di circa 300 mL contenente aria. Già con il riempimento di acqua un dato è risultato immediatamente evidente: il solo fatto di prendere in mano la beuta e quindi di far passare il gas da una temperatura ambiente di circa 20 °C a una leggermente superiore provocava un dislivello dell'acqua nel manometro ben maggiore di quello del mercurio. Problemi indotti: Quanto maggiore? Di quanto è maggiore la densità del mercurio rispetto a quella dell'acqua? Che relazione si può trovare tra la densità ed i dislivelli? Tali effetti venivano ulteriormente esaltati utilizzando l'alcool e l'olio d'oliva. Soliti problemi: Di quanto maggiore è il dislivello del liquido nel manometro rispetto a quello dell'acqua? E' possibile da questo dato ricavare all'incirca le densità dell'olio e dell'alcool? Tutte queste osservazioni possono fornire elementi per ricavare operativamente la legge di Stevino.

Una prima conclusione è stata quindi la seguente: se si vuol mantenere l'altezza del manometro nel limite di 60 cm, come il prototipo, l'intervallo di temperatura su cui si possono eseguire misure usando l'acqua come liquido manometrico è molto limitato, e si restringe ulteriormente usando olio e alcool etilico. L'uso di questi due ultimi liquidi è stato quindi immediatamente scartato.

Dal momento che gli allievi che entrano nel biennio della scuola secondaria superiore non hanno nessuna cognizione di chimica organica, è stato ritenuto opportuno evitare la proposta di sostanze non chimicamente note e meno comuni quali oli pesanti che, oltre alla maggiore densità, avrebbero presentato il vantaggio di tensioni di vapore molto basse. Occorre tener conto del fatto che una delle caratteristiche dell'area di progetto è quella di lasciare ampio spazio decisionale agli allievi, aiutandoli piuttosto

a risolvere i problemi inizialmente non noti che si possono verificare durante il lavoro; se quindi la scelta dell'acqua come liquido manometrico può sembrare inopportuna data la tensione di vapore non trascurabile alle temperature di lavoro, la scelta è stata rispettata rimandando il problema al momento delle prove quantitative. Bisogna sottolineare che, pur essendo gli allievi a conoscenza del concetto di tensione di vapore, nessuno ha avanzato obiezioni riguardo alla scelta dell'acqua come liquido manometrico: evidentemente il concetto non è ancora familiare e non viene quindi collegato al problema pratico da risolvere.

Al momento dell'inizio del lavoro gli allievi avevano qualche nozione sulle proprietà delle soluzioni acquose ed erano in grado di preparare soluzioni di data concentrazione; è stata quindi proposta l'individuazione di qualche sostanza molto solubile, che consenta la realizzazione di una soluzione con densità più elevata rispetto a quella dell'acqua. Usando le tabelle disponibili la scelta è caduta sul cloruro di zinco, sostanza disponibile nel laboratorio; ne è stata preparata una soluzione al 70 % m/m della quale è stata determinata la densità relativa all'acqua per mezzo di picnometri.

In definitiva è stato stabilito di costruire gli strumenti usando come liquidi manometrici acqua distillata e soluzione di cloruro di zinco, realizzando comunque, con l'aiuto del personale di laboratorio, anche uno strumento che utilizzasse il mercurio da utilizzare a scopo di controllo.

Dimensionamento degli strumenti

E' necessario prevedere l'intervallo di temperature entro il quale gli strumenti possono funzionare e stabilire le dimensioni della beuta contenente il gas, in modo da assicurare con buon livello di approssimazione la costanza del volume del gas durante l'esperienza. Effettivamente la variazione di livello del liquido nel manometro provoca una variazione del volume del gas, variazione pari alla metà del volume di una colonna di liquido di altezza Δh . Dato che questa variazione deve essere trascurabile, è stato stabilito che il volume totale occupato dal gas deve essere almeno 100 volte maggiore di tale incremento.

Procedimento:

- La seconda legge di Gay - Lussac ci permette di trovare la variazione di pressione di un gas con il variare della temperatura a volume costante, secondo la nota relazione $\Delta P = P_0 \alpha \Delta T$, dove:

P_0 = pressione del gas a 0°C;

$\alpha = 1 / 273 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ = coefficiente di dilatazione universale.

- Supponendo che la pressione del gas a 0°C sia di 1 atm, 101300 Pa, si può calcolare la variazione di pressione del gas, che per una variazione di temperatura di 10°C risulta:

$$\Delta P = P_0 \alpha \Delta T = 3711 \text{ Pa}$$

- In base alla legge di Stevino, il dislivello Δh che un liquido di densità d assume in un tubo a U in seguito alla differenza di pressione Δp sui due bracci, è dato dalla relazione seguente:

$$\Delta h = \Delta p / d \cdot g,$$

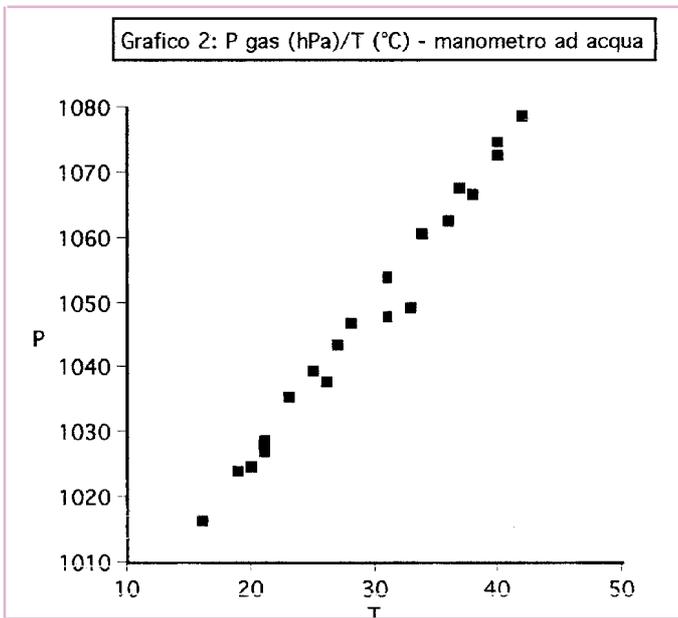
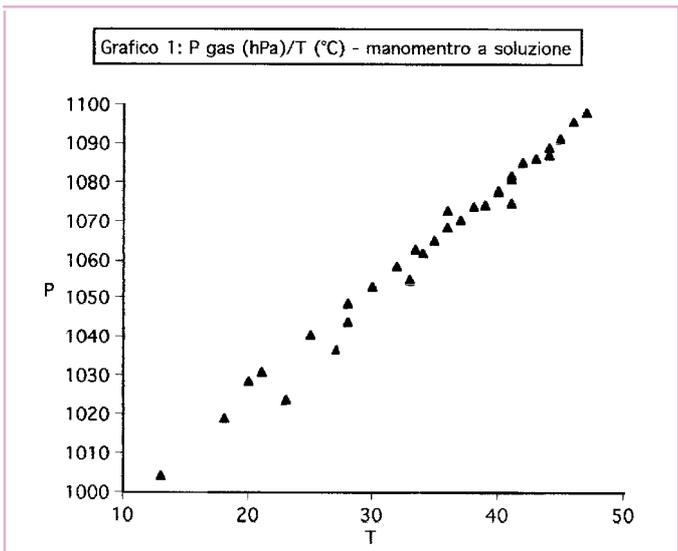
dove g = accelerazione di gravità.

La tabella I riporta in terza colonna i valori Δh di dislivello calcolati per ciascun liquido; vengono poi riportati il volume di liquido spostato ΔV , prevedendo di usare tubi di vetro del diametro di 4 mm, la conseguente variazione di volume del gas, quindi il volume V del contenitore che permette di rendere trascurabile tale incremento e, nell'ultima colonna, le variazioni massime di temperatura di "fondo scala" degli strumenti.

Attendibilità degli strumenti

Da quando sono stati realizzati, gli strumenti vengono usati ogni anno pressochè da tutte le classi prime; i risultati che essi danno sono ripetibili. Nei grafici 1, 2, e 3 vengono riportati i dati pressione / temperatura rilevati dagli studenti di una classe prima con strumenti a soluzione di cloruro di zinco, ad acqua e a mercurio.

Come si può notare i punti si presentano allineati con una buona correlazione. La tabella II riporta la pendenza (k) e l'intercetta (P_0) per ciascuna delle tre rette interpolate col metodo dei minimi quadrati, nonchè il valore sperimentale del coefficiente di dilatazione universale a ricavato dal rapporto k/P_0 .

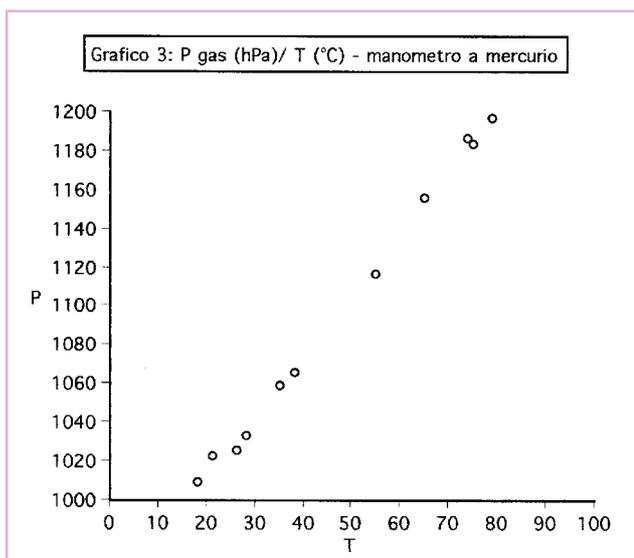


Liquido manometrico	k (hPa/°C)	P_0 (hPa)	α ($1/^\circ\text{C}$)
Soluzione ZnCl ₂	2,70	970	$2,78 \cdot 10^{-3}$
Acqua	2,38	978	$2,48 \cdot 10^{-3}$
Mercurio	3,15	949	$3,31 \cdot 10^{-3}$
Acqua (con correzione)	2,38	958	$2,48 \cdot 10^{-3}$

Liquido	d liquido (Kg/m ³)	Δh liquido (cm)	ΔV liquido (cm ³)	ΔV gas (cm ³)	V beuta (cm ³)	ΔT (°C)
acqua	1000	37,9	4,8	2,4	250	± 10
soluzione	1880	18,9	2,4	1,2	250	± 20
mercurio	13600	3,0	0,4	0,2	250	± 120

tazione universale a ricavato dal rapporto k/P_0 .

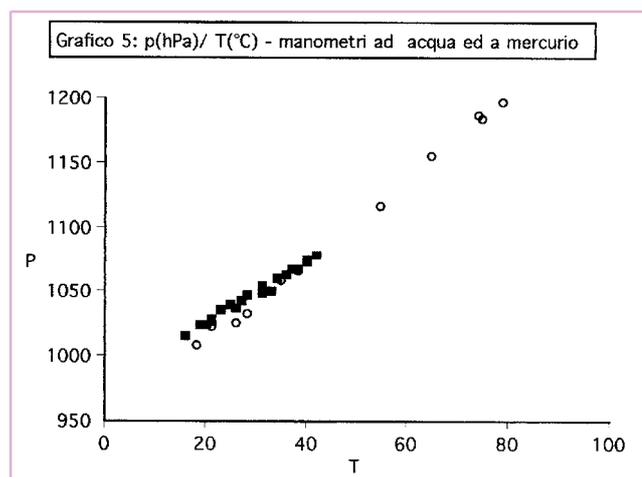
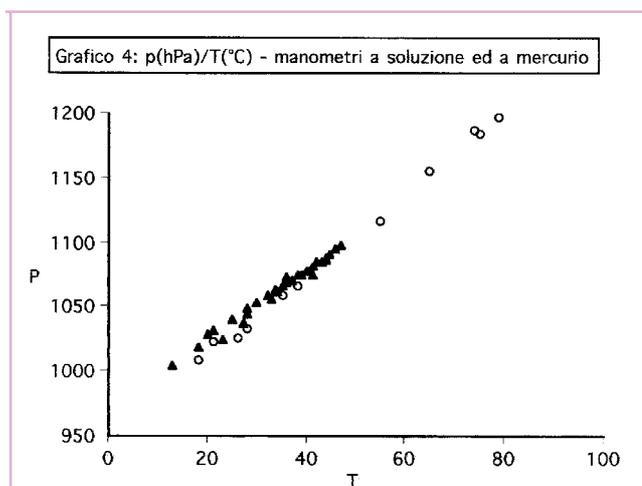
Nell'ultima riga vengono riportati i parametri relativi allo strumento ad acqua, calcolati applicando la correzione per la tensione di vapore (vedi punto successivo).



Il problema della tensione di vapore

I grafici 4 e 5 mettono a confronto i dati ottenuti usando lo strumento a mercurio con quelli ottenuti usando rispettivamente lo strumento a soluzione e quello ad acqua. Da questi grafici si ricava che, prendendo come riferimento lo strumento a mercurio, intercetta e pendenza della retta relativa alla soluzione sono abbastanza

vicini, mentre l'intercetta della retta per lo strumento ad acqua è maggiore e la pendenza minore: sulle cause di questo comportamento, che è stato notato fin dalle prime prove quantitative fatte al momento della scelta dei liquidi manometrici, viene richiesta agli studenti la formulazione di qualche ipotesi.



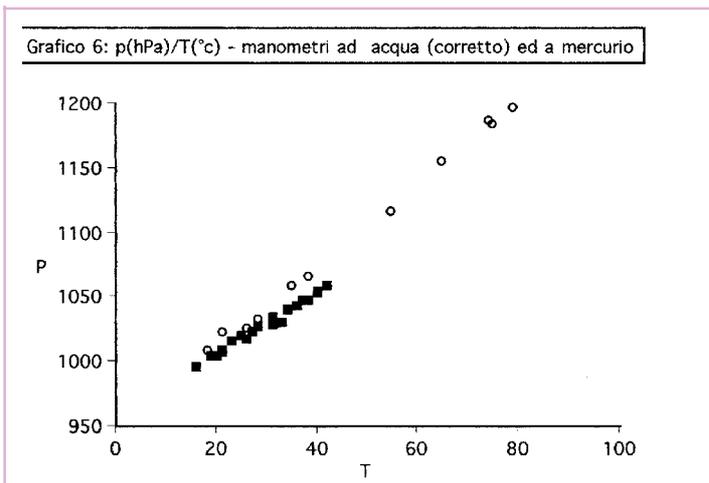
Dopo l'intervento degli insegnanti gli studenti avanzano l'ipotesi seguente: quando si usa come liquido manometrico l'acqua, c'è "qualche cosa in più" all'interno della beuta che in teoria dovrebbe contenere solo aria; questo qualche cosa in più non varia la propria pressione al variare della temperatura. A questo punto l'insegnante riprende l'argomento della tensione di vapore: il qualche cosa in più potrebbe essere il vapore proveniente dal liquido manometrico che ha avuto il tempo di saturare il volume a sua disposizione (ramo del manometro, raccordo, contenitore del gas). Esaminando le tabelle della tensione di vapore dell'acqua in dipendenza di T, gli allievi ricavano che alla temperatura di lavoro (circa 20°C) la tensione di vapore dell'acqua non è trascurabile (circa 20 hPa); il gas di cui si fanno le misure di pressione è quindi costituito da una miscela d'aria e di vapor acqueo. La tensione di vapore dell'acqua non varia apprezzabilmente durante le misure: il manometro è sufficientemente lontano dal termostato, per cui l'acqua in esso contenuta resta alla temperatura pressoché costante dell'ambiente.

Una semplice correzione fatta sottraendo ai valori di pressione della miscela gassosa quelli della tensione di vapore dell'acqua alla temperatura ambiente a cui si è lavorato, dovrebbe fornire la sola pressione del gas. Il grafico 6 riporta l'andamento pressione / temperatura per lo strumento a mercurio e ad acqua con la correzione sopra descritta.

L'argomento offre lo spunto per un'interessante sviluppo. Si può infatti notare come l'errore introdotto dall'aver trascurato la tensione di vapore nel manometro a soluzione sia molto meno accentuato; questo dato può essere interpretato alla luce dell'abbassamento della tensione di vapore di una soluzione, abbassamento particolarmente sensibile per una soluzione di alta concentrazione come quella da noi utilizzata.

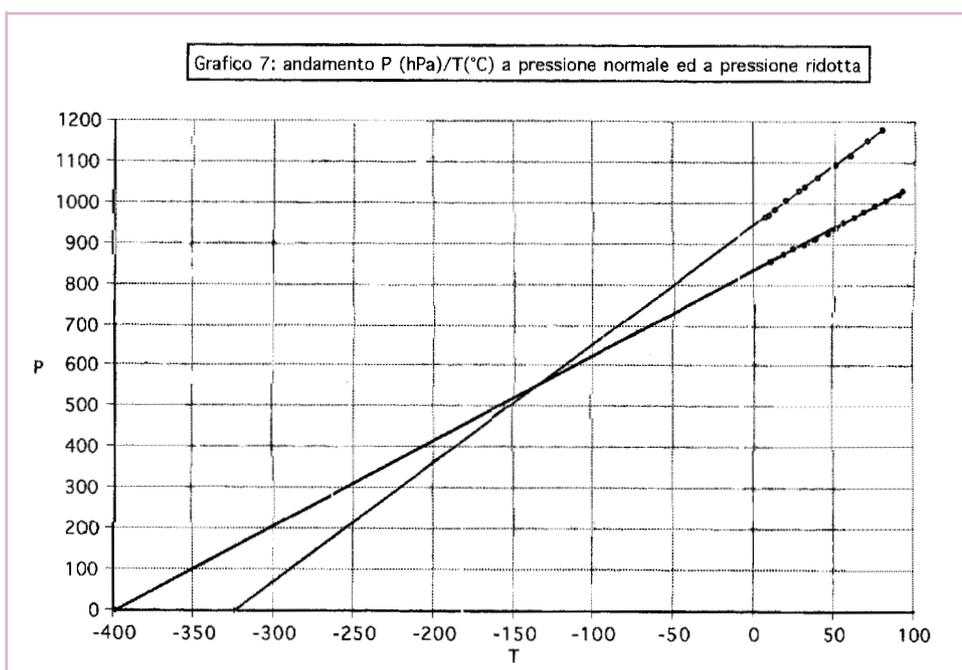
Calcolo del coefficiente di dilatazione universale α e conclusione

Sono state eseguite dagli insegnanti anche prove a pressione ridotta (vedi grafico 7), i cui risultati sono stati presentati agli studenti per dimostrare la dipendenza della pendenza delle rette dal valore di P₀. Il punto di convergenza delle due rette si trova ben lon-



tano dallo zero assoluto; l'anomalia è evidenziata anche dai valori sperimentali del coefficiente di dilatazione a che si possono ricavare dal rapporto tra la pendenza (k) e l'intercetta a 0°C (P_0) delle rette sperimentali, valori la cui media è di $2,76 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, contro il valore teorico $3,66 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

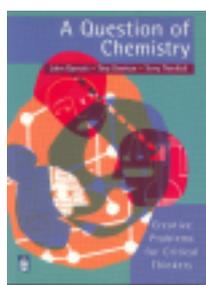
La validità degli strumenti costruiti in classe si limita quindi alla verifica quantitativa della linearità dell'andamento pressione / temperatura e alla verifica solo qualitativa della dipendenza della variazione di pressione (ΔP) dal valore della pressione del gas a 0°C (P_0).



Libri pervenuti in redazione



V. Petrone, E. Fioco; "L'impianto chimico Aspetti generali-Operazioni unitarie-Innovazioni tecniche". Edizioni Scientifiche SIDERA, Roma 2000. 1 vol. di 678 pagg.



J. Garratt, T. Overton, T. Threlfall; "A question of Chemistry: creative problems for critical thinkers". Longman, Singapore 1999. 1 vol. di XII + 162 pagg.



Bruno Marchesini; "Igiene industriale". Il edizione. Maggioli Editore. 1 vol. di 471 pagg. L. 64.000



Alessandra Cenerini, Rosario Drago; "Professionalità e codice deontologico degli insegnanti". Edizioni Erickson, Trieste. 1 vol. di 299 pagg. L.35.000

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

T
e
m
p
o

d
i



C
u
r
r
i
c
o
l
i

È tempo di curricula e, nel momento in cui la scuola dovrebbe professare autonomia e flessibilità e i docenti rivendicare il diritto ad un maggior potere di decisione, tutti si precipitano a fornire la ricetta, a tentare di imporre uno schema didattico piuttosto che un altro, a mettere in guardia contro i falsi profeti. Insomma nessuno è convinto che i docenti siano capaci di cavarsela da soli.

Perché allora la SCI si è adeguata a quest'andazzo, insediando una Commissione Curricoli?

Essenzialmente per due motivi: ultimamente c'è stato un eccesso di proposte e bisogna mettere un minimo d'ordine; dobbiamo avanzare delle proposte prima che altri "cultori della chimica" le avanzino al nostro posto. In altre parole la Chimica esercita un fascino irresistibile!

Tuttavia oggi non sono in vena di riflessioni sistematiche e, se mi è concesso, vorrei procedere riflettendo in ordine sparso.

Il lavoro della Commissione Curricoli è in pratica terminato, ma i Curricoli SCI stanno compiendo, secondo uno scontato copione ministeriale, una sorta di percorso di guerra fatto di filtri, adattamenti e compromessi. L'augurio è di riuscire a riconoscere ancora i frutti del nostro lavoro al termine di queste operazioni.

Intanto la commissione ristretta preposta ha dovuto effettuare una prima serie di adattamenti per recepire le indicazioni del ministero della Pubblica Istruzione, vale a dire il tutto è stato ristrutturato introducendo Nuclei

Fondanti e Competenze (vedere il numero precedente della rubrica), inoltre per poter rientrare nei limiti di stampa degli Annali della Pubblica Istruzione i curricula hanno subito una robusta compressione. Una prima informativa si può trovare nel secondo volume della Scuola Estiva di Chimica 2000 di Pisa (SEChimica 2000).

Successivamente comincerà un percorso tutto da scoprire cioè bisognerà "contrattare" l'impostazione con le altre associazioni interessate vale a dire AIF e ANISN.

Per chiarezza bisogna premettere che il lavoro della commissione è stato collettivo e non privo di condizionamenti per cui non riflette o riflette in modo molto limitato le convinzioni personali di ciascuno di noi. Questo non ci impedisce di trepidare per la sorte che attende il frutto delle nostre fatiche.

Un contributo a parte, pubblicato su quest numero di CnS, è stato elaborato da due nostri soci, una proposta di ottimo livello, epistemologicamente alta, che richiede tuttavia alcune riflessioni sul piano della politica scolastica e un approfondimento dal punto di vista della fattibilità.

Siamo di fronte ad una trama a maglie larghe che, per essere convertita in un curriculum operativo, richiede ancora molto lavoro di tessitura; all'attuale stato di avanzamento è difficile dire se la proposta è suscettibile di funzionare. La didattica, ossia la pratica didattica, è complessa ed alle volte nei dettagli si annidano le vere difficoltà.

In particolare, per ciò che è dato di

capire, si nota che la fascia d'insegnamento intermedia corrispondente al biennio iniziale della scuola secondaria e quindi al completamento dell'obbligo, è indicata come livello fenomenologico ossia un livello in cui non si affronta ancora la struttura particellare della materia o per lo meno (il progetto non entra in molti dettagli) non si affronta la struttura delle molecole. Sembra di capire che la cautela degli autori è dettata dalla incompleta maturazione cognitiva degli studenti quattordicenni.

Tuttavia i cittadini all'uscita dalla scuola dell'obbligo dovranno usare le loro conoscenze per capire al meglio molte informazioni che quotidianamente vengono riversate dai *mass media*, per essere in grado di fare delle scelte, ad esempio votare un referendum sui cibi geneticamente modificati, per decidere se una etichetta, su cui è scritto che il prodotto è senza zucchero perché contiene fruttosio invece di saccarosio, è mendace o altre amenità di questo tipo.

Dobbiamo quindi chiederci: quale corredo culturale deve essere loro consegnato?

Nella sua lezione su "I due livelli della chimica", tenuto durante la SEChimica 2000 il prof. Mirone afferma "...in un corso introduttivo di chimica...una delle preoccupazioni principali dell'insegnante dovrebbe essere quella di fare acquisire ai suoi allievi una visione equilibrata dei due livelli della disciplina...sottolineando la necessità di non confonderli in nessun caso..." e poi aggiunge "L'acquisizione di una buona padronanza di questo aspetto della chimica è uno degli obiettivi più importanti a cui dovrebbe tendere un corso introduttivo...".

Siamo evidentemente di fronte ad uno di quei casi nei quali bisogna trovare un adeguato compromesso didattico, a meno di voler fare terminare la scuola dell'obbligo a diciotto anni.

Vorrei aggiungere una osservazione che suggerirebbe una maggiore audacia didattica o, se vogliamo, una maggiore fiducia nelle capacità degli studenti.

Il livello microscopico non è più solamente un momento esplicativo (modelli) del livello fenomenologico macroscopico, grazie alle moderne strumentazioni sta divenendo esso stesso un livello fenomenologico, si

cominciano a “vedere” le molecole. Su questo fatto, che sotto molti aspetti cambia le carte in tavola, i mezzi di comunicazione insistono molto e noi dobbiamo evitare schizofrenie cognitive nei nostri studenti immaturi. Inoltre il curriculum di chimica si colloca interattivamente in un contesto dove sono presenti altri curricula che prevedono un livello fenomenologico macroscopico ed un livello esplicativo-fenomenologico di tipo microscopico, ad esempio alcune parti della fisica e quasi tutta la moderna biologia. Non dobbiamo inseguire i curricula altrui ma il problema è inevitabilmente globale

Infine per quanto riguarda la modellizzazione, grazie soprattutto all'informatica, è possibile ottenere delle rappresentazioni di straordinaria efficacia che possono modificare radicalmente il tipo di comunicazione; purtroppo gli insegnanti sottovalutano il problema e si avvalgono poco di queste metodologie.

Il punto sopra citato è veramente il più delicato tra quanti affrontati nella Commissione Curricula infatti, oltre ad esserci un impedimento: legato allo sviluppo cognitivo degli studenti, per approfondire alcuni concetti relativi al legame chimico e alle strutture molecolari servirebbero approfondite conoscenze di tipo fisico.

D'altro canto, come è stato più volte detto in questa rubrica, l'utilizzazione delle conoscenze di tipo fisico per la comprensione della chimica, deve fare i conti con i *decalages* piagetiani: specialmente a livello di scuola secondaria il trasferimento delle conoscenze da un ambito disciplinare a quell'altro o da un livello a quell'altro è tutt'altro che scontato; tutti gli insegnanti sanno che il mancato trasferimento non è una eccezione, come credeva Piaget, ma è la norma. Il trasferimento deve essere sollecitato. Questa situazione non è esclusiva di una certa chimica, ad esempio per una

comprensione ragionevole della moderna biologia occorrerebbero ampie ed approfondite conoscenze di termodinamica chimica e di chimica organica.

In realtà la conoscenza preventiva ed approfondita dei concetti fisici, propedeutici alla comprensione della chimica moderna non si verifica nemmeno nei primi anni di università.

Mi consolo pensando che l'eleganza epistemologica non è di questo mondo, che l'insegnamento procede attraverso percorsi tutt'altro che lineari mentre l'apprendimento procede a volte in modo personale e abbastanza disordinato con allunghi su certi argomenti, seguiti da ritorni per completamenti, con lacune lasciate provvisoriamente in sospeso e tamponate temporaneamente con proposizioni di tipo definitorio-descrittivo. Ciò che sembra contare è un pensiero reversibile e una grande capacità di accomodamento e di ristrutturazione della rete concettuale, d'altra parte è noto che il funzionamento del cervello è ridondante e sprecone.

Questo rende la pratica didattica molto complessa ed esteticamente meno attraente, per queste ragioni gli insegnanti si stanno orientando su strutture modulari più o meno autoconsistenti. Una soluzione deve essere ricercata a partire da una rinnovata riflessione sui meccanismi cognitivi e sulle metodologie di insegnamento. Piaget, Ausubel, Bruner e Vygotskij a braccetto (anche se si parla d'incommensurabilità delle varie teorie) potrebbero venirci in soccorso.

Last but not least, diciamo qualcosa sull'argomento libri di testo.

Gli editori, a fronte di questa riforma che procede a sussulti e tarda a sfornare i curricula, vivono giorni di difficoltà e naturalmente cercano di influenzare lo sviluppo degli eventi, corteggiando associazioni, ispettori e funzionari ministeriali. Vanno capiti, ogni libro comporta investimenti

cospicui e di esito incerto.

I libri di testo vengono scritti normalmente da insegnanti, tra mille difficoltà e compromessi, senza fruire di una consulenza scientifica qualificata; in compenso altri docenti, che non si sono mai cimentati nella difficile impresa, avanzano critiche corrosive, salvo poi fare le adozioni con assoluta superficialità.

I libri di testo vengono inoltre sottoposti alle severe reprimende dei docenti universitari giustamente preoccupati dello scarso rigore con cui molti argomenti vengono affrontati.

Se potessi dare un consiglio agli insegnanti, che si accingono a scrivere un libro, direi loro di desistere, ne ricaverebbero pochi soldi e molte amarezze.

Mi sembra tuttavia altamente ingiusto che i libri di testo vengano citati solamente per evidenziarne le nefandezze concettuali. Premesso che certi strafalcioni sono imperdonabili, che taluni libri disonorano tanto chi li scrive quanto chi li adotta, che il lavoro di recensione e di critica fatto da alcuni soci della SCI è estremamente utile, non bisogna dimenticare che scrivere un manuale comporta sempre, nelle remore della mediazione didattica, un elevato rischio di farsi sfuggire delle inesattezze.

Esistono tuttavia dei manuali che non solo non contengono troppe nefandezze, ma offrono soluzioni didattiche decorose a problemi didattici complessi e mi piacerebbe leggere delle recensioni in positivo che elenchino i problemi individuati e le soluzioni proposte.

Vorrei ancora ricordare che un manuale non deve preoccuparsi solamente della esattezza dei concetti ma anche di essere efficace altrimenti, come insegna l'esperienza, anche libri scritti con grande dovizia di competenze non sortiscono alcun risultato, mentre molti studenti imparano ad apprezzare la chimica nonostante i testi mediocri. Così va il mondo!

Ermanno Niccoli



Abilitazioni selvagge

A013 Chimica e tecnologie Chimiche ...Architetti, Ingegneri, Geologi, Laureati in Scienze Naturali ed in Agricoltura Sub Tropicale...**ma avranno veramente il coraggio di abilitarli tutti?!**

PROLOGO:

La frittata, di cui tra poco avrete ricetta e tempi di cottura, vide scendere nel pentolone il suo *primo ingrediente* il 24/11/94 quando le sapienti (e lungimiranti) mani dell'allora Ministro della Pubblica (d)Istruzione crearono con il *D.M. n.334* quell'incomparabile capolavoro che è la classe di concorso A013, classe in cui confluirono dal precedente ordinamento la 15/A Chimica, la 17/A Chimica Industriale, la 98/A Tecnologia Ceramica, la 99/A Tecnologia Delle Arti Applicate, la 101/A Tecnologia Ed Impianti E Disegno Per Industrie Alimentari e la 107/A Tecnologia Odontotecnica. Tale mirabile capolavoro permetteva, giusto per citare qualche possibilità, ad un Architetto abilitato in 99/A Tecnologia Delle Arti Applicate di essere ABILITATO D'UFFICIO nella A013 Chimica e Tecno. Chim. e di poter quindi magari entrare di ruolo per l'insegnamento della Chimica in un IPSIA per Chimici o in un ITG (guarda caso!).

I FATTI:

Non appena "*l'ingrediente*" fu messo in pentola se ne costò subito la portata ed il *sapore nauseabondo ricco di promesse*; il sottoscritto (laureato in Chimica) fu sbalzato dal quarto al sessantaquattresimo posto della graduatoria per incarichi e supplenze e, nonostante alcune "*spezie*" buttate dentro dall'allora Ministro della P.I. per "*smorzare il gusto*", dovette subire l'affronto di essere LICENZIATO dalla cattedra che occupava PER L'IMMISSIONE IN RUOLO DI UN ARCHITETTO.

Senza annoiarvi troppo sugli eventi che mi riportarono in cattedra, la *sbobba* propinataci provocò le seguenti *intossicazioni*:

Anno scolastico 95/96, immissione in ruolo nella Provincia di Agrigento di tre Architetti su cattedra di Chimica; a quanto mi risulta ciò si è verificato in tutte le provincie d'Italia con il tragico

Novembre - Dicembre 2000

bilancio di un centinaio di cattedre rubate ai Chimici e regalate a persone che nella maggior parte dei casi nulla sapevano (e sanno?) della Chimica.

Anno scolastico 95/96, i Presidi, i comitati di valutazione dei vari Istituti, i sindacati ed il Consiglio Nazionale dei Chimici ci hanno tolto un grosso dubbio, dato che TUTTI I NON CHIMICI IMMESSI IN RUOLO SU CATEDRA DI CHIMICA HANNO SUPERATO L'ANNO DI PROVA: avevano evidentemente imparato la chimica.

Anni scolastici 96/97, 97/98 e 98/99, sempre più persone imparano la Chimica in poche ore, altri in alcuni minuti; le graduatorie stilate permettono in tutta Italia l'accesso ai laboratori di Chimica a gente che palesemente non ha la capacità nè la conoscenza scientifica e metodologica per la loro conduzione, ma dato che lo permette il Ministro..... cosa vuoi che sia il D.LVO 626 del 19/9/94 sulla sicurezza sul posto di lavoro.

Anno scolastico 99/00, nella Provincia di Agrigento si tocca il fondo, non basta che presso l'IPSIA ad indirizzo Chimico-Biologico di Licata al quarto anno le ore di Chimico-Fisica siano impartite da un Architetto ma addirittura durante gli Esami di Stato lo stesso è nominato quale membro di commissione presso l'IPSIA ad indirizzo Chimico-Biologico di Cammarata!!!

Un Architetto ha valutato, durante un Esame di Stato, le conoscenze di Chimica Industriale e di Impianti Chimici di candidati che sicuramente conoscono meglio di lui la disciplina senza che nessuno tra chi poteva abbia mosso un dito!

Anno scolastico 99/00 finalmente *l'antibiotico* (non disintossica, ma non si sa mai...alcuni lo prescrivono lo stesso.) gli Architetti e quant'altri vogliono insegnare Chimica devono studiarcela per 40 ore! (quelle dedicate ai contenuti del corso di abilitazione riservato).I più decidono di andare a colpo sicuro abilitandosi in Costruzioni o altre discipline più affini alla propria Laurea anche se, i più temerari, rischiano e sono premiati con degli ottimi voti (i più ottengono 80/80).

Anno scolastico 2000/2001, colpo di scena della serie *ma l'antibiotico non bastava?*, si permette anche ai "colleghi" meno temerari di prendere una seconda abilitazione (indovina quale sceglieranno!) e nel frattempo questi vengono fatti inserire, con riserva, nelle graduatorie permanenti con il minimo punteggio previsto; vuoi che

non prendano almeno quello?!

1° EPILOGO (quello cui la realtà ci ha tristemente abituati).

Tutti i corsisti dell'imminente corso riservato per l'abilitazione alla classe di concorso A013 Chimica e Tecnologie Chimiche, a prescindere dalla Laurea conseguita, riusciranno in sole quaranta ore di corso ad acquisire una conoscenza dei contenuti disciplinari tale da permettere loro, grazie alle indubbie capacità didattiche e metodologiche, di superare l'esame finale. Gli stessi potranno quindi essere efficacemente utilizzati quali supplenti di Chimica Generale, Chimica Organica, Chimica Analitica, Chimica Industriale, Chim...., dove ovviamente brilleranno (speriamo senza eccedere) durante le esperienze pratiche di laboratorio, prima di essere immessi in ruolo. Dimostreranno quindi a tutti che sono molto più capaci di chi deve studiare trenta o più materie prima di capire la Chimica!

2° EPILOGO

 (l'utopia)

Qualcuno, non necessariamente dopo aver letto la presente, si renderà conto del gravissimo danno che è stato provocato alla Nazione con l'affidare l'insegnamento della Chimica a persone che la sconoscono.

Qualcuno si renderà conto del fatto che solo chi ha veramente amato e capito questa affascinante disciplina può trasmettere tale amore e tali conoscenze ai propri alunni!

Allora un Presidente di un corso abilitante telefonerà ad un Sindacalista, che comunque già aveva sentito il parere di un Provveditore, che si era consultato, oltre che con dei Presidi di provata capacità, anche con il Segretario... il quale gli aveva raccomandato che sì, era ormai ora di smetterla di propinare porcherie su porcherie. Era proprio il caso di sollecitare le varie commissioni ad essere meno tolleranti; era necessario sollecitarle a verificare sino in fondo le conoscenze disciplinari senza limitarsi ad ascoltare passivamente l'argomento concordato durante le quaranta ore!

E la chimica fu restituita ai Chimici.

P.S. a chi telefonerà per primo verrà riconosciuta una **Laurea ad Honorem nella disciplina di suo maggior gradimento!!!**

**Dott. Chim. Tullio Sciuto
Giarre (Catania)**

CEFIC/ICASE Conference 2000

Circa 250 operatori del mondo della Scuola e dell'Industria Chimica si sono incontrati nei giorni 19, 20 e 21 di luglio all'Università di York, nell'ambito del 5th CEFIC / ICASE Education-Industry Partnerships Conference.

Il CEFIC (European Chemical Industry Council) è un'organizzazione con sede a Bruxelles, che raccoglie le Federazioni Europee delle Industrie Chimiche.

L'ICASE (International Council of Associations for Science Education), è una rete a livello mondiale di Associazioni e di Istituzioni che si occupano di Educazione Scientifica, in cui attualmente 150 organizzazioni di 60 Paesi stanno lavorando insieme per fornire materiale di supporto per l'insegnamento delle materie scientifiche.

Questi gli obiettivi del Convegno:

- favorire gli incontri tra Scuola e Industria per una cooperazione teorica e pratica che dia nuove motivazioni all'insegnamento e all'apprendimento della Chimica;
- favorire la diffusione delle iniziative comuni CEFIC/ICASE nelle scuole d'Europa creando una rete di scambi di informazioni ed esperienze;
- comunicare gli obiettivi del programma Responsabile Care dell'Industria e trovare motivazioni per orientare un maggior numero di giovani verso studi di tipo chimico;
- migliorare l'immagine e il ruolo della Chimica nell'opinione pubblica.

Nell'ambito del Convegno sono state presentate in un 'Marketplace' le iniziative pratiche di collaborazione Scuola-Industria di 15 Paesi Europei, tra cui l'Italia.

Gli stands del Marketplace, suddivisi in 5 sezioni, comprendevano temi riguardanti:

- iniziative di orientamento per studenti;
- supporti per insegnanti volti ad approfondire conoscenze di applicazioni industriali adatte per un utilizzo didattico;

- progetti didattici da inserire nei curricula scientifici della scuola primaria e secondaria;

- iniziative di comunicazione fra scuole, (dai collegamenti in rete, ai giornali di istituto).

A conclusione del Convegno, i Paesi partecipanti hanno portato ciascuno, in una conferenza conclusiva, un contributo di idee per continuare le iniziative intraprese e per rinsaldare i rapporti di collaborazione che continueranno via rete fino al prossimo incontro.

Ospite di onore del Convegno è stata un'insegnante di Chimica italiana, Michela Pazzanese, quale vincitrice del **1° Premio del Concorso "CEFIC SCIENCE EDUCATION AWARD 2000"**

Il Concorso, a cui hanno partecipato 15 Paesi Europei, premia insegnanti della Scuola Secondaria che con le loro classi elaborano progetti di innovazione nell'insegnamento - apprendimento della Chimica, prendendo spunto dalle realtà locali e in cooperazione con l'industria chimica.

Michela Pazzanese, dell'*Istituto Tecnico Nautico "Nino Bixio"* di Piana di Sorrento, ha presentato con la sua classe, un progetto multidisciplinare dal titolo "*Citrus Limonum*".

In sintesi, insegnante e studenti, partendo dall'albero del limone e da altre piante aromatiche tipiche dell'area della penisola Sorrentina, hanno elaborato un vero syllabus di Chimica, arricchito da molte attività pratiche quali: esperimenti di analisi plantare, preparazione di estratti e di liquori, accompagnati da visite a laboratori industriali esterni alla scuola, a botteghe di artigianato, erboristerie e farmacie locali, nonché a numerose uscite per la raccolta in loco delle piante officinali.

Tra le motivazioni del premio i giudici europei citano i numerosi collegamenti, insiti nelle attività sopraelencate, tra prodotti naturali, chimica, industria e società, includendo anche riferimenti alla storia e alla geografia locale, e alla archeologia.

Carla Casale Bordin

La 16th International Conference on Chemical Education si è svolta a Budapest (Ungheria), organizzata dalla Divisione Didattica della Società Chimica Ungherese. Al convegno hanno partecipato circa 500 insegnanti dei quali 316 provenienti da 42 paesi diversi dall'Ungheria.

Il convegno era articolato in 6 conferenze plenarie con la partecipazione di due premi Nobel, 12 conferenze speciali (keynote lectures), 50 simposi comprendenti oltre 100 contributi, 14 workshops e la sessione poster con più di 100 contributi.

La conferenza di apertura è stata affidata al Prof. Schmidt dell'Università di Dortmund che ha trattato delle concezioni sbagliate dei nostri studenti; affascinante è stata la conferenza del Prof. Zrinyi dell'Università di Budapest sui progressi della scienza dei materiali. Ha mostrato le frontiere della ricerca sui nuovi materiali, quelli funzionalizzati e quelli "intelligenti". Come esempio tra i molti, un gel è in grado di rilasciare un farmaco in modo controllato dalla temperatura. Il Prof. Obendrauf ha presentato una serie di dimostrazioni di reazioni chimiche che generano gas in piccola scala (con siringhe di 5 - 10 mL) da utilizzare come esperienze di laboratorio. L'auditorium era al completo e un lunghissimo applauso ha mostrato l'interesse dei partecipanti ed ha premiato l'originalità e la creatività mostrata nella realizzazione degli esperimenti. Naturalmente grande interesse ha suscitato il Prof. Kroto (titolo della conferenza: Science, a round peg in a square world), che per primo ha sintetizzato i fullereni (il 4 settembre 1985 per la prima volta sono stati sintetizzati il C₆₀ e il C₇₀; il Prof. Kroto ha "battezzato" il C₆₀ col nome di Buckminsterfullerene in onore dell'architetto R. Buckminster Fuller). La storia di questa scoperta parte nei primi anni 70, dagli studi sui legami multipli C-S, C-P, C-Si e C-C.

Negli anni 1975-78 le lunghe catene di poliinilcianuri sono state scoperte nello spazio interstellare (Via Lattea); così Kroto studiava le caratteristiche spettroscopiche di molecole sintetizzate in laboratorio (HC₅N, HC₇N) e poi le cercava nello spazio. È con questi interessi che nel 1984 ha visitato la Rice University di Houston (Texas),

Novembre - Dicembre 2000

dove veniva utilizzata una sorgente di plasma pulsato per studiare SiC₂. Questa notizia ha fatto scoccare la scintilla creativa: sostituendo il carburo di silicio con la grafite si poteva simulare quello che avveniva in una stella al carbonio ed ottenere delle lunghe catene di carbonio. Quasi 18 mesi dopo ha potuto eseguire l'esperimento dove è stato ottenuto il C₆₀, facendo il viaggio per il Texas a spese della moglie! Sarebbe interessante conoscere l'ambiente scolastico e accademico che ha dato vita ad un personaggio così creativo; come è che dalle nostre parti i premi Nobel per la chimica sono così rari?

Per me il congresso è stato di grande interesse sia per i temi trattati e per gli stimoli che ho ricevuto e sia per la possibilità di incontrare alcuni nomi

importanti tra quanti sono impegnati nelle ricerche in didattica. Purtroppo, come accade nei congressi internazionali, era impossibile partecipare a tutto quanto poteva essere di interesse, così era necessario la sera precedente organizzare la giornata seguente e fare delle rinunce. A questo congresso gli italiani presenti eravamo 3; un pò pochini, data l'importanza economica del nostro paese. È vero che partecipare a questi congressi è costoso, come è vero che in agosto ci si deve riposare; ma se non teniamo vivo noi che siamo all'università l'interesse per la didattica, chi mai lo farà?

Nell'insieme la conferenza è stata coinvolgente fino alle conferenze conclusive, ma è stata anche "spartana"; la cena sociale, unico

momento non scientifico è stata purtroppo un'esperienza di sofferta delusione per tutti i congressisti.

Liberato Cardellini

La 17^a ICCE sarà organizzata dalla Società Chimica Cinese a Pechino (Beijing), dal 18 al 23 agosto 2002.

Per informazioni:

Prof. Xibai Qui
17th ICCE Secretariat
c/o Chinese Chemical Society
PO BOX 2709
Beijing 100080, China

Tel. 86 10 62568157 - 86 10 62564020

Fax: 86 10 62568157

e-mail: qixub@infoc3.icas.ac.cn

I Candidati per il Consiglio Direttivo della Divisione

<...i cenni biografici che seguono riguardano i candidati per il prossimo Direttivo, designati dall'assemblea dei soci....si invitano tutti i soci a dare il loro voto non appena ricevono le apposite schede...e' importante che i consiglieri che saranno eletti si sentano sorretti da un mandato forte e convinto ...e sentano di poter intervenire a nome di tutta l'associazione ecc.>

Per la Presidenza

GIACOMO COSTA nato a Trieste nel 1922, ha compiuto gli studi universitari a Bologna e Milano, laureatosi in chimica industriale nel 1946, assistente universitario nel 1948, libero docente nel 1954, ordinario di Chimica Fisica nell'Università di Trieste dal 1965. Per diversi anni direttore dell'Istituto di Chimica. Preside della Facoltà di Scienze M.F.N. da 1973 al 1991. Ha pubblicato 190 lavori in chimica fisica, chimica inorganica ed elettrochimica. Già presidente della Sezione Giuliana della SCI e successivamente della Sezione Friuli Venezia Giulia. Promotore della costituzione della Divisione di Chimica Fisica e suo presidente per un triennio. Presidente pro tempore del Centro Interuniversitario di Chimica Fisica. Ha promosso la fondazione del Seminario Ecologico e del Seminario di Epistemologia della Facoltà di Scienze M.F.N. Medaglia d'oro del Ministero della Pubblica Istruzione ai benemeriti della Cultura e l'Arte, Medaglia d'oro del Senato Accademico dell'Università di Trieste. Dal 1992 Professore Emerito. Responsabile per le scienze nell'organizzazione dei corsi di aggiornamento nell'Università di Trieste e nell'avvio della Scuola di Specializzazione per l'Insegnamento nelle Scuole Secondarie. Attualmente responsabile del Centro Interdipartimentale per la Ricerca in Didattica (C.I.R.D.) nell'Università di Trieste. Componente dell'attuale Direttivo della Divisione di Didattica della SCI.

Per il Consiglio

PIETRO ALLEVI, è nato a Milano il 3/1/54 e si è laureato a Milano nel 1979, specializzandosi in Farmacologia (indirizzo sperimentale) nel 1983. Dal 1992 è professore associato di Chimica e Propedeutica Biochimica, insegna nel Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia e in diversi corsi di Specializzazione. Svolge attività di ricerca nel campo della chimica di composti di interesse biologico ed è autore di 67 lavori pubblicati su riviste internazionali e di 71 comunicazioni a congressi nazionali e internazionali.

ELEONORA AQUILINI nata a Rieti il 10/7/58, si è laureata in Chimica il 10/7/1986 presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale di Pisa. Nel Novembre 1986 ha conseguito l'Abilitazione alla Professione di Chimico e dal 1989 è iscritta all'Albo dei Chimici della Toscana. Dal 1986 insegna Chimica nella Scuola Media Superiore presso l'istituto ITGA "Santoni e Gambacorti" di Pisa. Dal 1995 è socia del CIDI di Firenze, dove fa parte del Direttivo e, dal 1999, della Segreteria. Svolge attività di studio e aggiornamento nel "Gruppo di Ricerca e Sperimentazione Didattica del CIDI di Firenze", presieduto da Carlo Fiorentini. Tale gruppo ha lo scopo, fra l'altro, di elaborare un curriculum verticale per l'insegnamento scientifico dalla scuola di base alla scuola media superiore. Nel 1999 è stata eletta nel Direttivo della Sezione Toscana della SCI. Ho partecipato ai lavori della Commissione Curricoli della SCI (gruppo del biennio della scuola media superiore). Ha partecipato come docente a corsi di aggiornamento per insegnanti delle scuole medie inferiori e superiori. Ha al suo attivo pubblicazioni riguardanti la didattica della Chimica.

FAUSTA CARASSO MOZZI è una insegnante di chimica nella scuola secondaria superiore, attualmente in pensione, ha fatto parte di Gruppi di lavoro ministeriali per la stesura di nuovi programmi e la formazione in servizio. Da tempo è attiva nella SCI dove ha fatto parte di precedenti Direttivi della Divisione di Didattica, ha organizzato i lavori per la produzione del testo per la Scuola Elementare e recentemente ha promosso un progetto di ricerca per la didattica modulare della chimica. I suoi interessi scientifici riguardano gli aspetti metodologico-didattici. Fa parte del gruppo di ricerca sui Modelli di lavoro nella didattica (CIRED Univ.VE). È autrice di articoli ed ha presentato lavori che compaiono negli atti di numerosi convegni nazionali e internazionali. Nell'anno in corso ha avuto per due volte la docenza nel Modulo di Base dei Concorsi riservati.

ROSARINA CARPIGNANO Professore associato di Chimica Organica Industriale nella Facoltà di Scienze MFN dell'Università di Torino. Presidente della Sezione Piemonte-Valle d'Aosta della SCI. Ha fatto parte di commissioni del MPI per la riforma dei programmi: Falcucci (1987), Brocca (1988-90). È stata membro del Consiglio Direttivo e responsabile del Servizio Sperimentazione dell'IRRSAE Piemonte. Ha organizzato corsi di aggiornamento per insegnanti di Chimica e di Laboratorio di Fisica e Chimica (sperimentazione Progetto Brocca). Ha collaborato all'organizzazione del X Congresso Nazionale della Divisione di Didattica della SCI (Verbania 6-9 novembre 1996). Docente della SISS e attualmente componente del Consiglio Direttivo della Divisione di Didattica (Tesoriere). Autrice di varie pubblicazioni didattiche (Annali della Pubblica Istruzione. La Scuola e l'uomo, Ricerche Didattiche, Didattica della Scienze, CnS)

PATRIZIA DALL'ANTONIA vive e lavora a Trieste dove si è laureata in Chimica nel '76. Ha svolto per un breve periodo lavoro di ricerca presso l'Università prima e poi presso gli Ospedali Riuniti con pubblicazione di lavori su tecniche analitiche oltre a insegnare presso l'annessa scuola per infermieri professionali. In ruolo nella scuola dall'83, occupa la cattedra di Chimica presso l'ITI, si occupa di prevenzione e contenimento degli abbandoni scolastici e di coordinamento scuole medie - scuole superiori. Svolge attività in un gruppo di ricerca didattica nell'ambito della Sezione F.V.G., ora aderente al C.I.R.D. (Centro Interdipartimentale Ricerca Didattica). Ha presentato relazioni in alcuni convegni della Divisione. Ha superato il concorso per tutor presso la neoistituita Scuola di Specializzazione per Insegnanti dove svolge anche un insegnamento di laboratorio di didattica di chimica.

PASQUALE FETTO Funzionario Tecnico presso il Dipartimento di Chimica "G.Ciamician" dell'Università di Bologna. Preposto alla Sicurezza dei laboratori didattici di cui è responsabile. Membro di Commissioni di Concorsi Pubblici presso la stessa Università di Bologna. Dal 1985 è corresponsabile della distribuzione del software didattico del *Progetto Seraphim*. Ha fatto parte del Consiglio Direttivo della Divisione di Didattica della SCI (Segretario-Tesoriere) per il triennio 1992-94. Dal 1995 è redattore della rivista della SCI *CnS-La Chimica nella Scuola*. Fa parte del gruppo di Didattica della Chimica presso il Dipartimento "G. Ciamicia". Componente della Commissione Sicurezza del Dipartimento e coordinatore di vari servizi. Ha organizzato varie Conferenze sull'Insegnamento della Chimica e ha fatto parte del Comitato Scientifico dell'XI Congresso Nazionale della Divisione (Bari 12-16 dicembre 1999). Attualmente fa parte del Direttivo della Divisione di Didattica della SCI (1998-2000). Autore di pubblicazioni di carattere scientifico e didattico su riviste nazionali ed internazionali.

LIVIA MASCITELLI nata a Rimini l'11 aprile 1955, ha conseguito il Diploma di laurea in Chimica indirizzo organico-Biologico nell'a.a. 1979/80 presso l'Università degli Studi "La Sapienza" di Roma, città ove attualmente risiede. Ha lavorato nell'industria chimica ricoprendo varie qualifiche, in particolare nello sviluppo delle tecniche di automazione del controllo qualità in linee di processo. Quale Consigliere dell'Ordine dei Chimici di Roma-Interregionale Lazio, Umbria, Abruzzo, Molise per il biennio 1996-98 si è occupata in special modo delle problematiche legate all'insegnamento della chimica. Ha frequentato la Scuola di Specializzazione ed è attualmente docente per la classe di concorso 013A- Chimica e tecnologie chimiche. Ha fatto parte del Consiglio Direttivo della Divisione di Didattica della SCI per il Triennio 1998-2000.

MARIA VITTORIA MASSIDA nata il 21/08/1958 e laureata in Chimica nel luglio 1982 presso l'Università degli Studi di Cagliari, è insegnante di ruolo nella scuola secondaria dal 1984; attualmente insegna chimica nel biennio sperimentale e nel triennio biologico-sanitario dell'Istituto Tecnico per Attività Sociali "Grazia Deledda" di Cagliari.

Nel proprio Istituto ha partecipato ai lavori di diverse Commissioni, è stata referente per l'orientamento scolastico e si è interessata del processo di attuazione dell'autonomia. È membro effettivo del Consiglio Direttivo della Sezione Sardegna della Società Chimica Italiana e collabora all'organizzazione regionale dei "Giochi della chimica".

Ha partecipato ai recenti lavori della Commissione Curricoli della Divisione di Didattica della chimica /SCI per la riforma dei cicli scolastici. All'interno del Gruppo di Didattica Chimica Università-Scuola di Cagliari, che coordina dal 1994 sino ad oggi, organizza corsi di aggiornamento per insegnanti della Scuola Secondaria; raccoglie materiali didattici prodotti nelle sperimentazioni e nelle ricerche effettuate da gruppi italiani o esteri; mantiene contatti con alcuni gruppi di ricerca didattica nell'ambito della chimica e delle altre scienze sperimentali; partecipa a progetti di ricerca e di divulgazione della cultura scientifica in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università. Ha ricevuto l'affidamento del modulo di Laboratorio di didattica della chimica nella Scuola di Specializzazione per la formazione degli insegnanti di Scuola Secondaria (SSIS) dell'Università degli studi di Cagliari e inoltre ha svolto attività didattica nel corso di perfezionamento post-laurea per Insegnanti della scuola secondaria.

È autrice di pubblicazioni a carattere didattico su Scuola e Innovazione, IRRSAE Sardegna, 1993; Asterischi di fisica, 1994; atti del X Congresso di Didattica della Chimica 1996; La Chimica e l'Industria, 1998; La Fisica nella Scuola, 1999; Annali della Pubblica Istruzione, Le Monnier, 1999; CnS La chimica nella scuola, 2000.

È intervenuta in qualità di relatrice in corsi di aggiornamento sulla didattica della chimica e sulla progettazione modulare; inoltre è stata relatrice: nel dicembre 1994 al Convegno della SCI/Sardegna e degli ordini dei chimici della Sardegna; nel dicembre 1997 al Seminario della sezione AIF di Cagliari; nel marzo 1999 al Seminario europeo dell'ITAS "G. Deledda" di Cagliari; nell'aprile 2000 al Congresso della SCI/Sardegna; nel giugno 2000 a Rimini al XX Congresso della Società Chimica Italiana.

PIERLUIGI RIANI Professore associato di Chimica Fisica presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università degli Studi di Pisa. A parte un periodo di attività nel campo della chimica teorica, dal 1985 si occupa esclusivamente di didattica, rivolgendo la propria attenzione al ciclo dell'obbligo. Ha partecipato a diversi congressi nazionali e internazionali ed ha al suo attivo numerose pubblicazioni sia su riviste scolastiche, sia su "CnS - La chimica nella scuola". A partire dal 1996 dirige ogni due anni la scuola estiva "Fondamenti metodologici ed epistemologici, storia e didattica della chimica", giunta quest'anno alla terza edizione, e cura la stampa dei testi delle lezioni. Fa parte della Commissione Curricoli della DD della SCI; ha fatto parte della commissione Scuola Elementare, partecipando alla stesura del volume "La chimica alle elementari". Fa parte della redazione di CnS - La Chimica nella Scuola. Dal 1999 è presidente della Sezione Toscana della SCI.

GIOCHI DELLA CHIMICA 2001

Il Calendario

Finali regionali 5 maggio 2001, ore 10:00 (tutte le sedi)

Premiazioni regionali 12 maggio 2001 (nelle sedi)

Finale nazionale 25 maggio 2001 (Frascati)

Prova di selezione per XXXIII IChO 26 maggio 2001 (Frascati)

Allenamento della squadra italiana qualche giorno prima della partenza (Collegio Borromeo - Pavia). Data indicativa 26 giugno-1 luglio

XXXIII IChO data indicativa 2-11 luglio 2001

(probabilmente in India, si attende conferma)

.....

.....

Tempo di rinnovo

Ricordiamo a tutti i Soci di rinnovare l'adesione alla Divisione e di farsi promotori presso i colleghi non soci affinché si iscrivano.

Lo sforzo della Divisione di Didattica e della SCI per contenere le quote associative e le quote di partecipazione ai Convegni e per fornire ai Soci servizi e informazioni sempre più puntuali (vedi: Bollettino Elettronico e Sito Web), implica una crescita nel numero degli associati, i cui effetti andrebbero ben al di là dell'aumento delle entrate dovute alle quote associative.

Le problematiche su cui la Divisione deve confrontarsi con le altre associazioni per avere il peso che le compete a livello istituzionale necessita di una crescita non solo numerica (anche se i numeri contano).

Su questa strada ha operato il direttivo uscente e la stessa strada percorrerà il prossimo direttivo.



PRECISAZIONE!!

Ho appena letto l'articolo sui Giochi della Chimica, a mia firma, apparso sul numero 4 di C[°]S.

Ho così visto che, per un errore della mia "organizzazione editoriale", non compare il nome del Prof. Luciano Casaccia dell'ITI Sobrero di Casale, coautore dell'articolo. Perciò con questa mia precisazione voglio far sapere che l'analisi dei risultati è stata possibile proprio grazie ad un programma che lo stesso Prof. Casaccia ha realizzato e donato alla Divisione di Didattica della SCI. E' stato così possibile sostituire il vecchio programma ormai obsoleto dopo tanti anni di eroico uso. Il Prof. Casaccia è uno dei miei valenti collaboratori nell'organizzazione dei Giochi della Chimica.

Mario Anastasia

CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

GIORNALE DI DIDATTICA DELLA SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

ANNO XXII, 2000

REDAZIONE

PAOLO MIRONE, *Direttore responsabile*

PASQUALE FETTO, *Redattore*

COMITATO DI REDAZIONE

LORIS BORGHI, LIBERATO CARDELLINI, PASQUALE FETTO
PAOLO MIRONE, ERMANNICO 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 della SCI), FRANCO FRABBONI, MANLIO GUARDO, GIANNI MICHELON,
PAOLO MIRONE, EZIO ROLETTO, EUGENIO TORRACCA

INDICE ANNUALE

CⁿS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

ANNO XXII, 2000

Gennaio-Febbraio	1 - 32
Marzo-Aprile	33 - 72
Maggio-Giugno	73 - 108
Settembre-Ottobre	109 - 140
Novembre-Dicembre	141 - 180

L'indice annuale di CnS-La Chimica nella Scuola si divide in due parti: l'indice per Autori e l'indice per Sezioni e Rubriche. Nell'indice per Autori è riportato sotto il nome del primo autore il titolo del lavoro, il fascicolo, la pagina e sono forniti i rinvii per gli altri autori dello stesso articolo. Il secondo indice riporta sotto il nome di ciascuna Sezione o Rubrica titolo, fascicolo, pagina e autore dei corrispondenti articoli.

INDICE PER AUTORI

A

Alagona Giuliano, Ghio Caterina. La chimica con i computer. **3**, 83

Anastasia Mario. Selezioni Nazionali e Olimpiadi del 2000: analisi dei risultati. **4**, 131

Andreoli Katia, Calascibetta Franco, Campanella Luigi, Favero Gabriele, Occhionero Francesco. La chimica in un albero-Percorsi didattici basati sulla Chimica delle sostanze di origine vegetale. **2**, 40

Andreoli Roberto, Contaldi Liliana Struttura particellare della materia-Risultati di una indagine condotta su alcuni gruppi d'insegnanti e futuri insegnanti. **3**, 97

Aquilini Eleonora. Il ruolo del concetto di gas nella costruzione delle basi della chimica. **5**, 149

C

Calascibetta Franco, - vedi **Andreoli Katia**

Campanella Luigi, - vedi **Andreoli Katia**

Cardellini Liberato, Johnstone Alex H. Il test sull'associazione di parole nelle scienze. **1**, 9

Cardellini Liberato, Paolo Mirone. Difficoltà concettuali sull'equilibrio chimico: questionario. **4**, 123

Carasso Mozzi Fausta, - vedi **Michelon Gianni**

Cattadori Corrado, Andrea Serafini. Nolecole, moli e ...pastine. **5**, 169

Cerruti Luigi, -vedi **Turco Francesca**

Cervellati Rinaldo, Fetto Pasquale. Effetto di sostanze sottrattrici di Radicali liberi sulla reazione di Briggs-Rauscher. **1**, 22

Cervellati Rinaldo. I rapporti tra Didattica della Chimica, le altre Didattiche Disciplinari e la Didattica Generale. **3**, 75

Cervellati Rinaldo, - vedi **Honer Kerstin**

Contaldi Liliana - vedi **Andreoli Roberto**

Costa Giacomo. Oportet ut scandala eveniat: è opportuno che avvengano scandali. **5**, 141 - *Editoriale*

D

Dall'Antonia Patrizia. Realizzazione di uno strumento per la verifica della seconda legge di Gay-Lussac. **5**, 170

F

Favero Gabriele, - vedi **Andreoli Katia**

Fetto Pasquale, - vedi **Cervellati Rinaldo**

Fiorentini Carlo, Ezio Roletto. Ipotesi per il curriculum di chimica. **5**, 158

G

Ghio Caterina, - vedi **Alagona Giuliano**

H

Honer Kerstin, Cervellati Rinaldo. Visualizzazione dell'effetto di sostanze sottrattrici di Radicali liberi sulla reazione di Briggs-Rauscher. **2**, 44

J

Johnstone Alex H., - vedi **Cardellini Liberato**

L

Lanza Pietro. Didattica e studio critico. **1**, 3

Liberti Arnaldo, Napoli Aldo. Valutazione di indici sulla qualità dell'atmosfera attraverso una sperimentazione didattica. **4**, 125

M

Mascitelli Livia. C'è un futuro per i chimici nell'insegnamento? **1**,1 - *Editoriale*

Massidda Maria Vittoria. Tra didattica e divulgazione: un'esperienza per avvicinare i giovani alla chimica. **5**,153

Mei Amedeo. Costruzione di mappe concettuali in chimica organica per stimolare il controllo dei processi di apprendimento. **3**, 91

Michelon Gianni, Tollot Maria Grazia, CarassoMozzi Fausta. Prodotti intermediari nella didattica scientifica. **2**, 35

Mirone Paolo. Orbitali con svista. **1**, 6

Mirone Paolo, - vedi **Cardellini Liberato**

N

Napoli Aldo, - vedi **Liberti Arnaldo**

Niccoli Ermanno. Pensieri in ordine sparso. **1**, 29

Niccoli Ermanno. Riforma scolastica e attività della Commissione Curricoli. **2**, 33 - *Editoriale*

Niccoli Ermanno. Il dizionario di italdidattichese. **2**, 48

Niccoli Ermanno. Alziamoci in piedi. **3**, 107

Niccoli Ermanno. Disciplina e interdisciplina: una messa a punto. **4**, 117

Niccoli Ermanno. Parliamo ancora di didattichese. **4**, 136

Niccoli Ermanno. Tempo di curricoli. **5**, 175

O

Occhionero Francesco, - vedi **Andreoli Katia**

P

Phillips David. L'ozono: protettore o inquinante? **3**, 88

R

Riani Pierluigi. La chimica, l'orientamento e la scuola di base. **4**, 109 - *Editoriale*

Roletto Ezio, - vedi **Fiorentini Carlo**

S

Sciolla G., Spezziga M. L'energia in chimica-Un percorso didattico per il biennio delle superiori. **1**, 17

Serafini Andrea - vedi **Cattadori Corrado**

Soldà Roberto. I versi di Roberto Soldà. **2**, 51

Soldà Roberto. I versi di Roberto Soldà. **3**, 87

Soldà Roberto. I versi di Roberto Soldà. **5**, 142

Spezziga M., - vedi **Sciolla G.**

T

Todesco Paolo Edgardo. Prima attuazione della Scuola di Specializzazione per l'insegnamento nella Scuola Secondaria (SSIS). **3**, 73 - *Editoriale*

Tollot Maria Grazia, - vedi **Michelon Gianni**

Turco Francesca. Marie Curie, nata Marya Sklodowska. Un profilo biografico e la nota del 12 aprile 1898 - I parte. **4**, 111

Turco Francesca, Cerruti Luigi. Marie Curie, nata Marya Sklodowska. Il contesto conoscitivo e le note di luglio e dicembre 1898 - II parte. **5**, 143

INDICE

PER SEZIONI E RUBRICHE

EDITORIALI

C'è un futuro per i chimici nell'insegnamento? **1**,1, di **Liva Mascitelli**

Riforma scolastica e attività della Commissione Curricoli. **2**, 33, di **Ermanno Niccoli**

Prima attuazione della Scuola di Specializzazione per l'insegnamento nella Scuola Secondaria (SSIS). **3**, 73, di **Paolo Edgardo Todesco**

LA CHIMICA, l'orientamento e la scuola di base. **4**, 109, di **Pierluigi Riani**

Oportet ut scandala eveniat: è opportuno che avvengano scandali. **5**, 141, di **Giacomo Costa**

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Didattica e studio critico. **1**, 3, di **Pietro Lanza**

Orbitali con svista. **1**, 6, di **Paolo Mirone**

Prodotti intermediari nella didattica scientifica. **2**, 35, di **Gianni Michelon, Maria Grazia Tollot, Fausta Carasso Mozzi**

I rapporti tra Didattica della Chimica, le altre Didattiche Disciplinari e la Didattica Generale. **3**, 75, di **Rinaldo Cervellati**

La chimica con i computer. **3**, 83, di **Giuliano Alagona, Caterina Ghio**

L'ozono: protettore o inquinante? **3**, 88, di **David Phillips**

Marie Curie, nata Marya Sklodowska. Un profilo biografico e la nota del 12 aprile 1898 - I parte. **4**, 111, di **Francesca Turco**

Marie Curie, nata Marya Sklodowska. Il contesto

conoscitivo e le note di luglio e dicembre 1898 - II parte. **5**, 143 di **Francesca Turco, Luigi Cerruti**
Il ruolo del concetto di gas nella costruzione delle basi della chimica. **5**, 149 di **Eleonora Aquilini**

ESPERIENZE E RICERCHE

Il test sull'associazione di parole nelle scienze. **1**, 9, di **Liberato Cardellini, Alex H. Johnstone**

L'energia in chimica-Un percorso didattico per il biennio delle superiori. **1**, 17, di **G. Sciolla, M. Spezziga**

La chimica in un albero-Percorsi didattici basati sulla Chimica delle sostanze di origine vegetale. **2**, 40, di **Katia Andreoli, Franco Calascibetta, Luigi Campanella, Gabriele Favero, Francesco Occhionero**

Costruzione di mappe concettuali in chimica organica per stimolare il controllo dei processi di apprendimento. **3**, 91, di **Amedeo Mei**

Struttura particellare della materia-Risultati di una indagine condotta su alcuni gruppi d'insegnanti e futuri insegnanti. **3**, 97, di **Roberto Andreoli, Liliana Contaldi**

Tra didattica e divulgazione: un'esperienza per avvicinare i giovani alla chimica. **5**, 153, di **Maria Vittoria Massidda**

Ipotesi per il curriculum di chimica. **5**, 158, di **Carlo Fiorentini, Ezio Roletto**

PAROLE CHIAVE DELLA CHIMICA

Disciplina e interdisciplina: una messa a punto. **4**, 117, di **Ermanno Niccoli**

COMUNICAZIONI BREVI

Nolecole, moli e ...pastine. **5**, 169, di **Corrado Cattadori, Andrea Serafini**

PROBLEM SOLVING FORUM

Calcoli stechiometrici. **1**, 20

Gli studenti risolvono i problemi. **3**, 101

Difficoltà concettuali sull'equilibrio chimico: questionario. **4**, 123, di **Liberato Cardellini, Paolo Mirone**

LABORATORIO E DINTORNI

Effetto di sostanze sottrattrici di Radicali liberi sulla reazione di Briggs-Rauscher. **1**, 22, di **Rinaldo Cervellati, Pasquale Fetto**

Visualizzazione dell'effetto di sostanze sottrattrici di Radicali liberi sulla reazione di Briggs-Rauscher. **2**, 44, di **Kerstin Honer, Rinaldo Cervellati**

Valutazione di indici sulla qualità dell'atmosfera attraverso una sperimentazione didattica. **4**, 125 di **Arnaldo Liberti, Aldo Napoli**

Realizzazione di uno strumento per la verifica della seconda legge di Gay-Lussac. **5**, 170, di **Patrizia Dall'Antonia**

GIOCHI DELLA CHIMICA

Il calendario per il 2000. **1**, 2.

Selezioni Nazionali e Olimpiadi del 2000: analisi dei risultati. **4**, 131, di **Mario Anastasia**

Il calendario per il 2001. **5**, III cop.

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

Pensieri in ordine sparso. **1**, 29 di **Ermanno Niccoli**

Il dizionario di italo-didattichese. **2**, 48 di **Ermanno Niccoli**

Alziamoci in piedi. **3**, 107, di **Ermanno Niccoli**

Parliamo ancora di didattichese. **4**, 136, di **Ermanno Niccoli**

Tempo di curricoli. **5**, 175, di **Ermanno Niccoli**

CHIMICA E POESIA

I versi di Roberto Soldà. **2**, 51

I versi di Roberto Soldà. **3**, 87

CONVEGNI E CONGRESSI

Consiglio della Divisione di Didattica Chimica della FECS. *Resoconto* **3**, 108, di **Paolo Mirone**

I lavori della divisione in occasione del XX Congresso Nazionale della SCI. *Resoconto*. **4**, 138, di **Pasquale Fetto**

Primo premio al "CEFIC SCIENCE EDUCATION AWARD" 2000. **5**, 178, *Resoconto* di **Carla Casale Bordin**

DALLA DIVISIONE DI DIDATTICA

EDICHEM '99 XI Congresso della Divisione - Bari 1999-**1**, 19, *Resoconti* di **Luigi Cerruti, Rinaldo Cervellati, Fausta Carasso Mozzi, Paolo Mirone, Roberto Andreoli, Paolo E. Todesco, Pierluigi Riani**

Commissione Curricoli-Scuola Primaria, Biennio, Triennio. **2**, 55-69

Il Bollettino Elettronico - Uno strumento al servizio degli Insegnanti. **2**, 71, di **Luigi Cerruti**

Le candidature per il Direttivo della Divisione triennio 2001-2003. **4**, 138

Cenni biografici dei candidati. **5**, 179

RECENSIONI

"Il Bar di Chimica", di Elisa Rampone Chinni, Giuliana Marmo Gaeta, Federico Brigida - Edizioni Simone. **2**, 70, recensito da **Margherita Venturi**

"Chimica" di Vincenzo Balzani, Margherita Venturi-Editrice La Scuola- Brescia. **4**, 122, recensito da **Luigi Cerruti**

"Il segreto della chimica" di Giovanni Fochi-Longanesi-Milano. **4**, 124, recensito da **Luigi Cerruti**

NOTIZIE

Costituzione dell'Associazione per la Didattica con le Tecnologie (ADT). **4**, 140