

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

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

Cns

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



INSEGNAMENTO PREUNIVERSITARIO
DELLA CHIMICA

ATOMI E MOLECOLE
NELLA SCUOLA ELEMENTARE

COSTRUIRE
IL CONCETTO DI MOLE

RINNOVO DELLE CARICHE SOCIALI
LE CANDIDATURE



Società Chimica Italiana

Anno XXV
Novembre - Dicembre 2003

Direttore responsabile

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

Redattore

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

Comitato di redazione

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

Comitato Scientifico

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

Editing

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

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

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

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

Ufficio Abbonamenti

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

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

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

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

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Stampa

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

SOMMARIO

EDITORIALE

Commiato dai lettori
di *Paolo Mirone* **141**

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Insegnamento preuniversitario della chimica:
Solo formazione o anche informazione e addestramento
di *Pierluigi Riani, Maria Vittoria Massidda* **143**

ESPERIENZE E RICERCHE

Costruire il concetto di mole.
Un approccio empirico a un concetto formale
di *Ezio Roletto, Alberto Regis, Pier Giorgia Albertazzi* **148**

Atomi e Molecole nella scuola elementare
di *Margherita Venturi* **157**

Storie di conoscenza e di emozioni con la Chimica
ovvero: le autobiografie cognitive degli insegnanti
di *Maria Vezzoli* **160**

LABORATORIO E DINTORNI

Le leggi ponderali: un percorso d'apprendimento
tra epistemologia storica e didattica
di *Patrizia Dall'Antonia* **165**

RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA
Riprendiamo il discorso sulle SSIS
di *Ermanno Niccoli* **170**

ACHILLE E LA TARTARUGA
Cicap
di *Francesca Turco* **172**

DALLA DIVISIONE
Le candidature per il triennio 2004-2006 **147**

Commiato dai lettori

Al momento di lasciare, dopo quasi dieci anni, la direzione di questo giornale, è inevitabile la tentazione di fare un bilancio, almeno di carattere personale.

Congedandosi dai lettori Rinaldo Cervellati, che mi ha preceduto nella direzione di CnS, scriveva nel N. 4 del 1994: "Sono convinto di lasciare all'amico Paolo Mirone un pesante fardello..."; convinzione ampiamente giustificata dalla sua esperienza di direttore, durante la quale CnS aveva subito una serie di traversie - fra cui il passaggio per tre diversi editori - che in qualche momento avevano fatto temere anche per la sua sopravvivenza come rivista autonoma.

Per mia fortuna le cose sono andate in modo diverso: il "fardello" si è dimostrato impegnativo ma, a parte un periodo di alcuni mesi in cui sembrava che le fonti degli articoli si fossero inaridite, non soverchiamente pesante. Per diverse ragioni, ma principalmente per essere divenuta "Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana", negli ultimi dieci anni CnS ha goduto di un periodo di stabilità quale non si era mai dato nella sua vita precedente. Lascio ad altri il compito di giudicare se il direttore abbia saputo utilizzare nel modo migliore questo periodo di tranquillità.

Una delle esperienze più gratificanti della mia direzione è stata quella dei rapporti con gli autori. Per ragioni ben comprensibili, fra cui principalmente la mancanza di esperienza, è successo che la versione originale di qualche articolo risultasse, per così dire, alquanto grezza; ma attraverso un paziente scambio di corrispondenza (la pazienza era esercitata da entrambe le parti) quasi sempre si è riusciti ad arrivare a un risultato finale soddisfacente. Infatti il numero di articoli rifiutati è stato particolarmente basso.

Non altrettanto gratificante è stato il rapporto con i lettori, nel senso che avrei apprezzato un maggior numero di lettere alla rivista, anche se di contenuto critico, così che in ogni nu-

mero potesse apparire una rubrica di lettere di lettori. Non sempre questo è avvenuto, anche se negli ultimi anni ho potuto notare un certo miglioramento.

Dal prossimo numero CnS avrà un nuovo direttore nella persona del professor Pierluigi Riani, docente di Chimica fisica nell'Università di Pisa. Penso che il Consiglio Centrale della SCI abbia fatto un'ottima scelta e sono grato all'amico Riani per aver accettato. Egli possiede tutti i requisiti per essere un eccellente direttore di CnS: la competenza scientifica, una lunga esperienza d'insegnamento, la passione per la didattica della chimica. Collabora a CnS fin dai primordi (per una felice coincidenza un suo articolo compare su questo numero). Da tempo Riani organizza, con altri docenti e ricercatori pisani, una Scuola per insegnanti di Chimica (un tempo detta Estiva ma ora distribuita su vari periodi dell'anno).

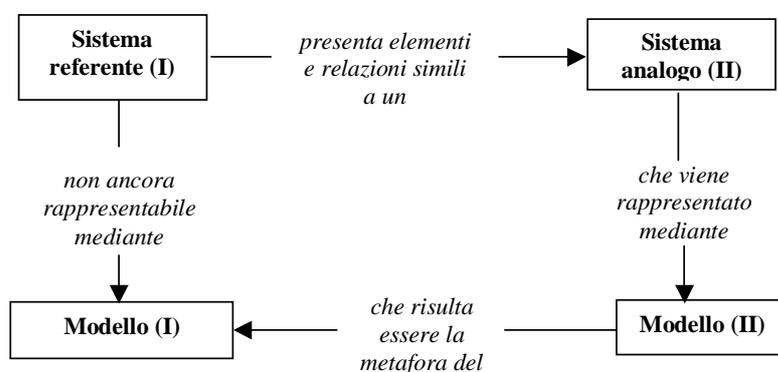
Pur lasciando la direzione continuerò a collaborare a CnS nei modi che saranno convenuti col nuovo Direttore; quindi il mio congedo non è ancora totale. Tuttavia questa è l'occasione più opportuna per ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutato nel mio compito di Direttore: primo fra tutti il redattore Pasquale Fetto, che ha sempre svolto tutto il lavoro intercorrente fra l'accettazione degli articoli e la consegna alla tipografia del testo già impaginato; poi i colleghi del comitato di redazione, i revisori (che devono restare anonimi) e infine, ultimi ma essenziali, gli autori degli articoli, in particolare se docenti o ricercatori universitari: sappiamo infatti che gli articoli pubblicati su CnS non servono (ancora) per fare carriera.

Errata corrige

Nell'articolo "Le rappresentazioni dei concetti scientifici per una didattica della chimica in età precoce" del Prof. Ermanno Niccoli, pubblicato nel n. 4 settembre-ottobre 2003 di CnS, è stata riportata per errore, alla pag. 113 la stessa mappa della pag. 114. Ci scusiamo con l'autore e con i lettori per l'involontario errore.

Di seguito riportiamo la mappa n. 1 corretta.

Mappa 1



INSEGNAMENTO PREUNIVERSITARIO DELLA CHIMICA: SOLO FORMAZIONE O ANCHE INFORMAZIONE E ADDESTRAMENTO?

I - Problemi generali

Riassunto

Partendo da un dibattito effettuato nel corso di un forum telematico, si affrontano alcuni problemi relativi alla presenza, in un processo di insegnamento – apprendimento efficace, non solo di aspetti formativi, ma anche di informazione e di addestramento. In questo primo lavoro viene chiarito il significato dei termini e vengono proposti alcuni esempi di apprendimento significativo che hanno origine da puro e semplice addestramento.

Abstract

The present work originates from the results of a telematic forum. We deal with some problems related to a meaningful teaching and learning process: what is the role of information and training? In the first paper, we clarify the meaning of the words "information" and "training", and we propose some examples of meaningful learning which originates from a simple training process.

1. Gli antefatti

Nella gestione di un forum INDIRE per la formazione e l'aggiornamento a distanza degli insegnanti neoassunti in ruolo, il moderatore (Pierluigi Riani) ha avuto l'opportunità di introdurre la discussione riguardo a un aspetto controverso, pertinente la didattica generale ma che interessa in modo particolare l'area scientifica. Il dibattito ha coinvolto Maria Vittoria Massidda, moderatrice di un forum precedente, ed Eleonora Aquilini, vicepresidente della Divisione Didattica; l'interesse di quanto è emerso ha suggerito di ampliare e integrare il materiale prodotto, per arrivare a uno scritto organico. Un errore di programmazione ha impedito lo svolgimento di un dibattito più

PIERLUIGI RIANI*
MARIA VITTORIA MASSIDDA**

allargato. Nell'ambito di un Forum che avrebbe dovuto concludersi il 15 giugno 2002, la proposta di discussione è stata lanciata il 4 giugno; a quella data i partecipanti al forum avevano in buona parte esaurito gli obblighi formativi ed erano inoltre ampiamente coinvolti nelle operazioni di fine anno scolastico (non dimentichiamo che il forum era rivolto a insegnanti in ruolo). Il dibattito è stato quindi ristretto, ma non per questo meno interessante. Fra l'altro, sarebbe interessante averne una riapertura non telematica attraverso questa rivista: le lettere al Direttore costituiscono un canale di comunicazione abbastanza rapido ed efficace.

Il Forum in questione aveva come titolo "La chimica e le altre scienze: progettazione di itinerari didattici per la scuola secondaria di primo grado". Era stata dichiarata la volontà di estendere il campo di azione anche alla scuola elementare; in realtà sono poi intervenuti anche molti docenti di scuola secondaria di secondo grado.

All'interno di un forum telematico sono molti i docenti che espongono loro esperienze didattiche; due proposte in particolare, arrivate nello stesso periodo, hanno generato l'idea di base.

- Laboratorio per le medie. Il proponente osserva come tutti in casa abbiano un vero laboratorio in cucina e dichiara di usare questo approccio per le esperienze di laboratorio. Nella descrizione del procedimento, vengono evidenziati anche gli aspetti relativi alla sicurezza e alle abilità manuali.

- Fumare, che shock!. Il proponente, che parte dalla constatazione della giovane età di molti fumatori, descrive una classica esperienza di analisi del contenuto del fumo di una sigaretta (1): il fumo viene dapprima filtrato attraverso

so un tampone di cotone idrofilo, poi viene fatto gorgogliare in due reattivi, uno per CO₂, l'altro per CO. L'effetto visivo che si ottiene, al di là dei puri risultati analitici, è impressionante.

2. Sintesi del dibattito telematico

A questo punto Pierluigi Riani introduce un argomento di discussione: addestramento, informazione, formazione. L'intento è quello di smuovere le acque su un tema che produce spesso, negli addetti ai lavori, posizioni di rigidità notevole a favore della formazione e contro l'informazione e l'addestramento. L'introduzione è incentrata sull'osservazione di cosa deve fare un gruppo-classe, composto da allievi e insegnante, per risolvere in modo didatticamente significativo un problema che sia un problema vero, non un banale esercizio. Schematizzando, l'opinione è che si debba passare attraverso tre fasi, non necessariamente distinte e non necessariamente sequenziali:

- Addestramento, per sviluppare abilità che permettono la risoluzione meccanica del problema;
- Informazione, per la raccolta dei dati necessari per la risoluzione;
- Formazione, fase di tipo metacognitivo nella quale gli allievi inglobano nella loro struttura cognitiva ciò che hanno imparato.

In relazione alle due proposte didattiche presentate, si rileva che nella prima prevale l'aspetto addestrativo (come ci si deve comportare in laboratorio, sviluppo di abilità manuali), nella seconda quello informativo (l'insegnante dà alcune informazioni, gli allievi ne faranno l'uso che meglio credono). Entrambe possono produrre formazione: dipende dallo sviluppo del percorso didattico e dall'atteggiamento degli allievi.

Segue un intervento di Eleonora Aquilini. In sintesi: nella scuola di base si deve lavorare per formare e non per addestrare. Il problema diventa invece irrisolvibile negli istituti tecnici, nei

* Dip. di Chimica e Chimica Industriale
Università di Pisa – riani@cci.unipi.it

** I.T.A.S. "Grazia Deledda" - Cagliari
vmassidda@tiscalinet.it

quali l'addestramento diventa l'unica via percorribile per far passare un insegnamento che risulta di scarsa comprensibilità effettiva visti gli strumenti posseduti dagli allievi.

Risposta di Pierluigi Riani, che cerca di rivalutare l'addestramento come momento necessario per una successiva formazione, nella quale la consapevolezza raggiungerà gradi più o meno elevati a seconda della storia individuale. Intervento di Vittoria Massidda, che si dichiara d'accordo sul valore dell'informazione ed esprime dubbi riguardo all'addestramento. Può andare bene se con questo termine si intende "acquisizione di destrezza" e quindi di abilità; non va invece bene se con esso si richiama una formazione priva di componente cognitiva. Nella scuola tecnico-professionale si generano in misura prevalente apprendimenti legati all'automatismo, apprendimenti che non è il caso di teorizzare attribuendo loro una certa validità.

Ulteriore intervento di Pierluigi Riani, che difende l'addestramento osservando fra l'altro che il perseguimento a tutti i costi della concettualizzazione rischia di far scomparire mestieri locali di tipo artigianale, nei quali la consapevolezza può essere effettivamente limitata o quantomeno orientata in modo diverso da quello che comunemente si intende nella scuola, e che comunque non possono dare eccessivo spazio alla creatività (prodotti tipici che è bene non abbiano alcuna evoluzione).

Spetta a Eleonora Aquilini l'intervento finale (per mancanza di tempo, non perché non ci sia altro da dire). L'accento viene posto sulla negatività dell'addestramento inconsapevole, esaminato sotto l'ottica dell'allievo che si trova di fronte a contenuti troppo alti e che perde di conseguenza fiducia in sé stesso, anche se impara meccanicamente a fare gli esercizi che gli vengono proposti. Non c'è invece nulla di male nell'addestramento come sviluppo di abilità, addestramento per il quale l'allievo ha la consapevolezza del fatto che dietro non c'è nulla di non capito.

3. Rivediamo le possibili fasi di un apprendimento consapevole.

Chiuso il Forum telematico, è sembrato opportuno ritornare sull'argomento per arrivare a qualche conclusione. Non si tratta evidentemente di raggiungere un accordo più o meno diplomatico: si

non solo, tende ad assumere la massima importanza. Dei partecipanti al dibattito, Eleonora Aquilini non ha condiviso la presente impostazione, e ha pertanto provveduto a stendere un ulteriore lavoro che verrà prossimamente sottoposto a CnS.

Iniziamo da alcune constatazioni sull'esistente, attuale o quantomeno recente, constatazioni che possono fornire qualche giustificazione al bassissimo numero di immatricolazioni nei corsi di laurea che fanno capo alla chimica. Premessa: chi legge questo lavoro dovrebbe, almeno temporaneamente, liberarsi del senso di orrore che attanaglia una buona parte degli insegnanti quando viene pronunciata la parola "addestramento". Sappiamo benissimo che il significato è in genere completamente negativo, ma può essere il caso di discuterne un po' più a fondo, senza insormontabili pregiudizi.

Uno studente che deve iscriversi al corso di laurea in Chimica può avere diverse provenienze, che in sostanza si possono schematizzare in due canali principali: da una parte le scuole nelle quali la chimica costituisce uno dei tanti corsi a carattere più o meno culturale, dall'altra gli istituti tecnici e professionali di indirizzo chimico o affine. Diamo un'occhiata generica al tipo di formazione che questo studente può mediamente aver ricevuto.

- Nel canale nel quale la chimica dovrebbe avere una connotazione culturale, i percorsi possono essere assai diversificati. Nella maggioranza dei casi, però, gli insegnanti con i quali questo studente è venuto in contatto non avevano una specifica formazione chimica, ma per essi la chimica aveva costituito una "materia di servizio" durante il corso di laurea (scienze biologiche, scienze naturali o altro). Non è assolutamente impossibile che un insegnante dotato di tale informazione diventi un ottimo insegnante di chimica; il livello di probabilità però non è esaltante. In un quadro del genere l'insegnamento della chimica si riduce abbastanza di frequente a un lavoro di tipo addestrativo (poco) e informativo (molto); la componente formativa è spesso assai carente.

- Sull'altro versante il problema è più complesso. In un istituto tecnico o professionale di indirizzo chimico, di chimica se ne fa molta e gli insegnanti, a parte le eccezioni dovute a indiscriminate immissioni in ruolo nella classe 013A, dovrebbero essere di formazione chimica. Questa volta però i guai

stanno nella necessità di formare un tecnico chimico a un livello di età che mal si concilia con la difficoltà dei concetti che devono essere affrontati. Chi insegna nei corsi universitari è ben a conoscenza delle difficoltà che gli allievi, generalmente a partire dal secondo anno, trovano nell'affrontare i concetti base della termodinamica, della cinetica, dell'elettrochimica; negli istituti tecnici e professionali di indirizzo i concetti sono gli stessi, ma gli allievi sono decisamente più giovani. Le possibilità di un apprendimento veramente significativo sono limitate a pochi eletti, quando ci sono; per il resto l'insegnante deve gettare la spugna e orientarsi verso un insegnamento di tipo fortemente addestrativo e informativo. Tutto questo risulta valido, evidentemente, se ci si pone nell'ottica dell'attuale sistema delle scuole tecniche e professionali, senza entrare in discussioni circa la possibilità di una loro sostanziale riforma.

Cerchiamo di chiarire la questione ricorrendo a un esempio composito. Dopo l'opportuno percorso didattico, gli allievi dovrebbero essere a conoscenza di quanto segue:

- a) esistono funzioni termodinamiche chiamate entalpia, entropia ed energia libera di Gibbs, indicate rispettivamente con H, S, G;
- b) queste funzioni sono legate fra loro dalla relazione $G = H - TS$;
- c) valori di queste funzioni possono essere trovate su tabelle per molte sostanze nel loro stato standard;
- d) data una reazione del tipo



una volta trovati i valori standard di G è possibile ottenere il valore standard di ΔG° della reazione attraverso il semplice calcolo

$$\Delta G^\circ = cG^\circ_C + dG^\circ_D - aG^\circ_A - bG^\circ_B;$$

e) muna volta noto il valore di ΔG° , è possibile calcolare la costante di equilibrio K_{eq} applicando la relazione

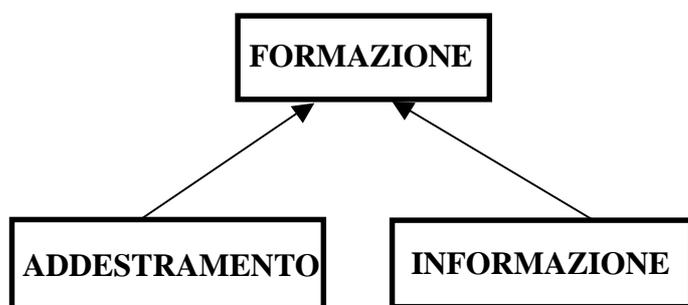
$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

Tutti questi punti possono essere evidentemente collocati a cavallo fra informazione e addestramento. È chiaro che si tratta di un esempio altamente schematizzato che non deve essere preso alla lettera; d'altra parte, visto ciò che succede nell'università, appare alquanto difficile che allievi di 16 - 18

anni riescano a raggiungere un grado significativo di comprensione riguardo a concetti nei quali entra in qualche modo l'entropia.

Conclusione del tutto negativa, quindi? Il problema sta nel valutare bene i risultati, alla luce non solo del presente delle conoscenze degli allievi, ma anche dei possibili sviluppi futuri, intendendo con questo il proseguimento della formazione degli allievi stessi una volta terminato il percorso della scuola secondaria. Il problema può infatti essere mal posto se ci si impone una didattica completamente fondata su ciò che gli allievi possono effettivamente comprendere, nel senso di una comprensione cosciente e quindi con una componente metacognitiva. Non vogliamo tentare l'approfondimento di questioni delle quali non abbiamo particolare competenza, purtroppo pos-

maggioranza degli apprendimenti rimangano in una fase scarsamente consapevole. Cerchiamo quindi di capire se questo è un dato completamente negativo o no. Prima di tutto possiamo stabilire un altro dato abbastanza ovvio: la consapevolezza nell'apprendimento non è un fatto binario (consapevolezza sì – consapevolezza no), ma è caratterizzata da un'ampia varietà di sfumature. In altri termini, è l'individuo che costruisce la propria consapevolezza, e la costruisce secondo le proprie possibilità e la propria base culturale. A questo punto abbiamo fatto rientrare il problema in quello più vasto della formazione di una cultura individuale: consideriamo cultura l'insieme delle conoscenze che l'individuo possiede in forma consapevole, oppure l'insieme delle conoscenze che l'individuo possiede, senza ulteriori specifi-



siamo dare per scontato il fatto che l'apprendimento sia un processo graduale, nel quale i discenti (che non sono necessariamente i nostri allievi, ma che sono tutti coloro che imparano qualcosa) procedono per gradi.

Schematizzando, possiamo indicare il seguente percorso:

In questo percorso abbiamo quindi una base rappresentata dai due processi paralleli (e non necessariamente presenti entrambi) di addestramento e informazione, e una conclusione rappresentata dalla consapevolezza dell'apprendimento. E' opportuno chiarire che, su alcuni percorsi didattici di particolare significatività, si può procedere direttamente verso la formazione senza soffermarsi su fasi informative o addestrative. Resta anche da stabilire se la conclusione formativa è sempre necessaria, oppure se possiamo avere apprendimenti significativi di tipo esclusivamente addestrativo o informativo.

Sul fatto che l'apprendimento possa fermarsi prima della piena conclusione formativa non sembra possibile avere dubbi; è anzi probabile che la gran-

che?

La prima opzione può portare all'eccesso di specializzazione: la conoscenza consapevole, per restare effettivamente tale, deve essere continuamente coltivata, e il risultato può essere la cultura a senso unico. Molte persone hanno una cultura di questo tipo, ma il modello non sembra oltremodo attraente. Il caso della Chimica deve essere tenuto particolarmente d'occhio: il tecnicismo esasperato è in agguato, e su questo dato si fonda molto probabilmente la scarsa capacità di comunicazione con il grande pubblico evidenziata dalla pessima immagine della nostra disciplina. In ogni caso, molto spesso un apprendimento perfettamente consapevole evolve col tempo verso forme di utilizzo decisamente meccaniche; vedi ad esempio la capacità di equilibrare equazioni chimiche, e in particolare quelle relative a reazioni di ossidoriduzione.

Vi sono comunque persone che, pur avendo conseguito una loro specializzazione, hanno un buon livello di informazione su un gran numero di tematiche. Su questo modello dovrebbe essere impostata, fra l'altro, la

figura dell'insegnante ideale, che conosce adeguatamente a fondo la propria materia di insegnamento, ma che è in grado di discutere anche su argomenti completamente diversi e che quindi è in grado di interagire significativamente con i colleghi. Sottolineiamo il fatto di aver parlato di "buon livello di **informazione**": non si può sperare di avere conoscenze totalmente significative e consapevoli a raggio troppo ampio.

Per concludere, appare praticamente impossibile stabilire il punto in cui finisce l'apprendimento meccanico e comincia l'apprendimento consapevole. In certi casi la meccanicità è evidente, in altri casi è evidente la consapevolezza; la fascia intermedia è però destinata a restare ampia e, soprattutto, indeterminata.

4. Non ci sono solo i "bravi": pensiamo anche agli altri ...

... che possono essere ugualmente bravissimi, anche se in aree che tradizionalmente non interessano la scuola. Forse è il caso di compiere una riflessione attenta su un punto che, anche se per una via abbastanza contorta, investe pesantemente la considerazione sociale della nostra disciplina.

Non si può negare la permanenza nel nostro pensiero di robusti residui di origine platonica. La "Cultura" (con la C maiuscola) è quella umanistico – classica; vedere al riguardo i documenti ministeriali circa il proposto sistema dei licei. Questa Cultura tende assai spesso a svilire tutto ciò che è manuale o tecnologico (2).

Alcune aree scientifiche hanno seguito una strategia che ha loro permesso di sollevarsi dal "pattume tecnologico" per assurgere all'empireo della vera Cultura. Lasciamo perdere la matematica, che aveva una posizione privilegiatissima anche nell'età classica; facciamo invece riferimento alla fisica che, già partita benino (non se ne occupava anche Aristotele?), ha attualmente una posizione assai predominante nella cultura scientifica. Anche la biologia se la cava magnificamente (ancora Aristotele!); la sua posizione non viene significativamente inficiata da recenti tentativi, tutto sommato abbastanza goffi e malriusciti, di opposizione a una delle teorie base, quella dell'evoluzione. Casomai il pericolo risiede nelle biotecnologie ... già, proprio "tecnologie".

I chimici hanno sempre tralasciato di evidenziare gli aspetti culturali della

loro disciplina, aspetti che peraltro non mancano certamente. E i risultati sono sotto gli occhi di tutti: per il pubblico la chimica è tecnologia pura, quindi roba prima di tutto assai sospetta, in secondo luogo terribilmente difficile.

E ora torniamo al punto di partenza, ponendo la domanda chiave: chi è che ha stabilito che un certo tipo di cultura è superiore alla tecnologia? E che cosa vuol dire “superiore”? Senza volersi perdere in complesse analisi, possiamo comunque accettare una risposta che appare abbastanza scontata: la superiorità è stata stabilita dai “superiori”, e quindi siamo di fronte a un chiaro esempio di autoreferenzialità; quanto al termine “superiore”, è chiaro che in questa situazione non significa assolutamente nulla. Il pubblico, purtroppo (?), ha spesso un comportamento che assai contrasta con questa posizione. Stabilendo infatti una corrispondenza fra status sociale e reddito (il vile denaro!), non occorrono studi approfonditi per assegnare la vittoria fra un buon artigiano e un buon insegnante.

Dobbiamo comunque porre la nostra attenzione su un punto: non stiamo in alcun modo cercando di capovolgere la situazione assegnando la “superiorità” (??) alla tecnologia e al lavoro manuale rispetto alla cultura e al lavoro intellettuale. Stiamo cercando semplicemente di mettere il tutto sullo stesso piano, avendo ben chiaro che la vita comune non può fare a meno di nessuna delle due componenti, e soprattutto individuando nella tecnologia e nel lavoro manuale un sottoinsieme della cultura. E stiamo cercando anche di chiarire come da una parte i percorsi scolastici tendano a privilegiare gli aspetti culturali in senso ristretto, dall'altra la vita comune tenda a privilegiare tutto ciò che ha un'utilità pratica (o quantomeno fa finta di averla), per cui nel complesso la scuola rinuncia a un ruolo che dovrebbe avere: quello di mediare fra le due posizioni per giungere alla formazione di cittadini veramente completi e, soprattutto, “uguali”.

Ed è a questo punto che entrano i problemi riguardanti la tipologia di apprendimento. Non possiamo certamente discriminare a priori; ci troveremo però di fronte a molti casi di allievi per i quali il contenuto culturale tradizionale non passa.

Per una certa percentuale di allievi si tratta di una questione di attitudine e di interesse: dobbiamo notare, a costo di ripeterci, che appare insensato classificare negativamente un allievo che

riesce a montare un circuito elettrico e ha difficoltà con storia e filosofia, e nel contempo classificare positivamente l'allievo che ha un rendimento opposto (3). I corsi di studio, anche se riteniamo deleteria la separazione troppo precoce, devono avere una varietà di impostazioni; quanto alla validità dei titoli ottenuti, essa deve essere entro certi limiti equivalente.

Abbiamo poi un certo numero di allievi che presentano difficoltà più o meno pronunciate di apprendimento; questi allievi hanno diritto come gli altri a ricevere un'istruzione adatta alle loro possibilità. Giova ricordare un dato importante: frequentemente ragazzi con problemi anche gravi di apprendimento manifestano un rendimento eccezionalmente buono nel campo dei lavori manuali.

Per tutti questi casi l'addestramento può rivelarsi una strada obbligata. Per la prima categoria (per intenderci, quella dei normodotati che non manifestano interesse per la “cultura”) si tratterà di un addestramento destinato prima o poi a sfociare in un certo grado di consapevolezza. Quanto agli allievi in difficoltà dovremo comunque insegnare loro a “fare qualcosa”, sperando che prima o poi l'addestramento ricevuto acquisti un certo grado di significatività.

5. Divaghiamo (rispetto alla chimica): qui si tratta proprio di addestramento ... o no?

Per concludere questa prima parte del lavoro, vogliamo evidenziare alcune situazioni nelle quali si può probabilmente concordare sul fatto che l'addestramento giochi un ruolo fondamentale; si tratta comunque sempre di situazioni che dovrebbero successivamente evolvere verso una conoscenza più consapevole, anche se per certi casi si dovrebbe parlare forse meglio di “addestramento consapevole”. Procediamo attraverso due esemplificazioni.

Prima esemplificazione: lo studio della musica (come esecuzione, non come fruizione).

La gradualità di fruizione della musica è evidente. I bambini preferiscono canzoncine e filastrocche di struttura musicale assai semplificata; se non c'è alcun tipo di educazione musicale si va poco avanti, altrimenti si assiste a un'evoluzione del gusto che può portare in diverse direzioni. Sembra che non ci sia niente di nuovo: anche con la lingua adoperata in senso letterario abbiamo cose del genere, per cui è perfettamente inutile far leggere Leopardi

o Montale a un bambino di 8 – 10 anni. E invece la differenza c'è, ed è notevolissima: si tratta di una differenza determinata dalle difficoltà tecniche connesse con l'esecuzione della musica. Se vogliamo imparare a produrre musica, nel senso che vogliamo imparare a suonare bene uno strumento, occorre prima di tutto ricorrere a un tipo di esercitazione che punta tutto sull'apprendimento meccanico; è necessario poi affrontare musica anche complessa a un'età nella quale la fruibilità effettiva è assai bassa.

Stiamo parlando ovviamente di colui che vuol fare della musica una reale professione. In questo campo non si può aspettare nessun tipo di consapevolezza: se si comincia lo studio serio di uno strumento intorno all'età di 14 – 15 anni, non si arriva da nessuna parte. Occorre invece iniziare molto precocemente (età 6 – 7 anni); nel primo periodo l'allievo si dedicherà soprattutto a esercizi che non hanno pressoché nulla di piacevole, ma che sono indispensabili per acquisire le necessarie abilità di tipo puramente meccanico. Eseguirà anche facili musiche decisamente più piacevoli, ma dovrà passare rapidamente all'esecuzione di quegli autori che ben difficilmente corrispondono al gusto tipico dell'età, e che comunque (fatto salvo il caso del genietto ultraprecoco) non sarà in grado di apprezzare in tutta la loro complessità.

Attenzione, però: in questo caso la rappresentazione grafica vista in precedenza risulta perfettamente valida, e l'addestramento costituisce la base sulla quale si deve sviluppare la fase formativa, cioè l'apprendimento consapevole. Fase che si svilupperà poco a poco, quando la maturazione del musicista produrrà la capacità di comprendere effettivamente la complessità del discorso musicale e di inquadrare storicamente la musica eseguita e il suo autore.

Seconda esemplificazione, alquanto più prosaica: la produzione del pecorino sardo, o del pecorino toscano, o del toma piemontese, o comunque di qualsiasi prodotto alimentare tipico e, soprattutto, rigorosamente artigianale. La questione diventa in questo caso decisamente più delicata in quanto si presta a diverse interpretazioni. Cominciamo subito con l'escludere tutta la produzione di tipo industriale o semiindustriale: non ci interessano né il Parmigiano-Reggiano, né il prosciutto di San Daniele, né prodotti del genere, anche se apprezzabilissimi. Se

prendiamo invece il caso del pastore che porta il gregge di pecore al pascolo, provvede alla mungitura e infine prepara il formaggio, abbiamo un tipico esempio di ciò che si può chiamare "addestramento consapevole". Addestramento in quanto probabilmente il nostro pastore non si pone molti interrogativi sul perché di certe operazioni che compie quotidianamente: le compie come gli hanno insegnato, e basta. Consapevole perché in realtà il nostro pastore sa benissimo quello che fa, sa che dal suo mestiere ricava ciò che gli serve per vivere e sa che, modificando alcune delle operazioni che compie, non otterrebbe gli stessi prodotti. Prodotti che sono il frutto di una lentissima evoluzione, che da secoli non subiscono apprezzabili modifiche e che, in un periodo di globalizzazione, di rapida e a

volte violenta evoluzione del modo di vita, di industrializzazione forzata di qualsiasi tipo di attività, è bene che continuino a conservarsi tali senza alcun mutamento. Prodotti che, in ogni caso, fanno parte delle culture locali e che vanno quindi in qualche modo salvaguardati.

Nel prossimo intervento vedremo come il problema che abbiamo affrontato si collega con i livelli scolastici.

Bibliografia e note

(1) Amadio, B., I pericoli del fumo, Didattica delle Scienze **32**, fasc. 186, pag 57 (1996)

(2) Per chi sta in alto /discorrer di mangiare è cosa bassa./ Si capisce: hanno già /mangiato, loro. Bertold Brecht, Poesie e canzoni, Einaudi, Torino 1964

(3) Persico, E., "Che cos'è che non va?"

in Le Trame Concettuali delle Discipline Scientifiche, a cura di G. Cortini, pp 207-210, Scandicci, La Nuova Italia Editrice, 1985. Si tratta della riproposta di un articolo scritto nel 1957 (non viene citata la fonte originale) nel quale l'autore racconta con somma arguzia lo svolgimento di un esame di prelaurea, ponendosi domande che tutti i docenti dovrebbero porsi. La candidata non sa perché i fili della luce elettrica sono rivestiti di isolante, fa passare 20000 ampère in una comune lampadina elettrica, non sa descrivere un condensatore, ma sa "allineare sulla lavagna in bell'ordine le equazioni di Maxwell nella loro elegante forma vettoriale" e, "una volta messa sul binario delle formule, corre come una locomotiva".

**L'Assemblea della Divisione di Didattica, nella seduta del 5 dicembre 2003,
presso il Dipartimento di Chimica "G. Ciamician" - Bologna,
approva all'unanimità
le seguenti candidature per la Presidenza e per il Direttivo
per il triennio 2004-2006.**

Presidenza

CARPIGNANO Rosarina

Consiglio Direttivo

1. **AQUILINI Eleonora**
2. **CALATOZZOLO Mariano**
3. **CARASSO Fausta Mozzi**
4. **DALL'ANTONIA Patrizia**
5. **LANFRANCO Daniela**
6. **MASCITELLI Livia**
7. **MASSIDDA Maria V.**
8. **PARADISO Eugenia**
9. **PERA Tiziano**
10. **VILLANI Giovanni**

approva inoltre all'unanimità

La candidatura indicativa* della Dr.ssa Turco Francesca quale Rappresentante della Divisione nel Direttivo del "Gruppo Giovani" della SCI per il triennio 2004-2006.

- | | |
|--------------------------------------|------------------|
| 1. Armellino Prof.ssa Sara | Moncalieri (TO) |
| 2. Farusi Prof. Gianluca | Massa (MS) |
| 3. Ferraud Prof.ssa Adele | Avigliana (TO) |
| 4. Franceschini Prof.ssa Nola | Spinea (VE) |
| 5. Marchese Prof. Enrico | Siano (SA) |
| 6. Masi Prof.ssa Rossella | Pisa |
| 7. Polimanti Prof.ssa Olga | Campofilone (AP) |
| 8. Turco Dr.ssa Francesca | Torino |
| 9. Zannoni Prof.ssa Ilaria | Napoli |

* **Chiarimento:** i Candidati sopra riportati sono tutti eleggibili e sono i soli elettori del "Gruppo Giovani". Gli stessi candidati riceveranno unitamente alla scheda di votazione anche gli indirizzi dei propri colleghi. **147**

COSTRUIRE IL CONCETTO DI MOLE

Un approccio empirico a un concetto formale

Gruppo I.Ri.Di.S. – Innovazione e Ricerca
per la Didattica delle Scienze
C.I.R.D.A. - Università di Torino

Riassunto

In questo articolo si affronta il problema dell'insegnamento del concetto di mole nella scuola secondaria. Nella prima parte si presenta la definizione della mole come unità di misura fondamentale del Sistema Internazionale di Unità (SI) e si analizzano le relazioni che tale definizione impone tra massa atomica (o molecolare) relativa e massa di una mole di atomi (o di molecole). Nella seconda parte si presentano i risultati di un'indagine condotta al fine di sondare le concezioni di allievi che già avevano affrontato il concetto di mole con un approccio tradizionale; tale indagine ha permesso di evidenziare alcuni ostacoli alla comprensione del concetto, confermando i risultati già ottenuti da altri ricercatori. Nella terza parte viene presentata una proposta per l'insegnamento del concetto di mole che impegna gli studenti in sperimentazioni che utilizzano idee analoghe ai concetti che entrano in gioco nella definizione SI della mole. Gli studenti lavorano con chiodi di differenti dimensioni. Ai chiodi di una determinata dimensione viene attribuita in modo arbitrario una massa standard (unità di massa chiodica): in questo modo è possibile determinare le masse relative dei chiodi di altre dimensioni. Successivamente si definisce una certa quantità di chiodi (la chiole) in modo analogo alla definizione SI della mole, così da stabilire un'identità numerica anch'essa identica alla mole. Gli autori ritengono che mediante questo approccio di tipo concreto sia possibile migliorare la comprensione del concetto di mole da parte degli studenti.

Abstract

The present paper deals with the

EZIO ROLETTO●
ALBERTO REGIS●●
PIER GIORGIO ALBERTAZZI●●

problem of teaching the mole concept in high schools. In the first part, starting from the SI (International System of Units) definition of the mole, the relations between atomic (or molecular) relative mass and the mass of a mole of atoms (or molecules) are examined. In the second part, the results of an investigation on high school students conceptions of the mole are given; they show some major difficulties to the understanding of the mole concept, confirming the conclusions reached by other researchers. In the third part is developed a teaching sequence in which the students participate in manipulative experiences which provide analogous representations for the abstract concept of the SI definition of the mole and are consistent with developmental considerations. Students work with different sizes of nails. One size is arbitrarily assigned a standard mass, and the relative masses of other sizes of nail are then determined. Next, an amount of nails is defined analogous to the SI definition of the mole such that a numerical identity is established which is also analogous to the mole. The authors think that such a concrete approach will enhance students' understanding of the mole concept.

1 – INTRODUZIONE

Il concetto di mole è di notevole importanza in chimica in quanto costituisce il fondamento della chimica quantitativa intesa nel suo significato più ampio; non soltanto tale nozione gioca un ruolo fondamentale nella stechiometria, ma ad essa si fa riferimento in tutti i fenomeni studiati dalla chimica: dai fenomeni elettrochimici, dove il Faraday rappresenta una mole di elettroni, a quelli termodinamici, dove lo standard di riferimento per mi-

surare lo scambio di energia associato ad una reazione chimica è una mole di eventi a livello atomico. Si tratta dunque di un concetto che devono acquisire anche gli studenti di un corso di chimica di base, in quanto necessario per costruire altri concetti e per risolvere un ampio spettro di problemi.

William Kieffer, all'epoca direttore del Journal of Chemical Education, scrisse in un editoriale del 1961 [1]:

Teachers of chemistry get their firmest feeling of success when the students demonstrate that they know what the «mole» means. When the student can do this not by writing a definition in so many words, but by using the concept, he begins to think as a chemist.

Gli insegnanti di chimica si rendono veramente conto dell'efficacia del proprio insegnamento, quando gli studenti mostrano di avere acquisito il significato di «mole». Quando uno studente è in grado non tanto di scrivere una definizione della mole, quanto piuttosto di usare questo concetto, egli mostra di avere capito cosa significhi mole e comincia a pensare come un chimico.

Come lasciano chiaramente intendere queste parole, non è facile portare gli studenti ad acquisire in modo operativo il concetto di mole a causa delle difficoltà intrinseche che tale concetto comporta e che sono ben evidenti anche nella storia complessa e travagliata della sua elaborazione. Proprio queste difficoltà ne rendono problematico l'insegnamento e spiegano il gran numero di ricerche condotte sul suo apprendimento [2,3].

In questo articolo, si analizza inizialmente la definizione della mole adottata nell'ambito del Sistema Internazionale di Unità (abbreviato in SI) a partire dal 1971 e si considerano le sue relazioni con alcuni concetti precedenti, per lungo tempo usati dai chimici, quali grammo-atomo e grammo-molecola. In seguito, vengono presentati i risultati di un'indagine sulle concezioni della mole presso un certo numero di studenti

della scuola secondaria che hanno seguito almeno un corso di base di chimica. Infine, viene proposto, per l'insegnamento di questo concetto, un approccio che tiene conto delle difficoltà di apprendimento messe in evidenza dalle ricerche.

2 – LA MOLE: UNA MISURA CHIMICA DELLA QUANTITÀ

È ben noto che massa e peso di un corpo sono due quantità differenti, legate tra di loro da una costante: in un determinato luogo, il rapporto tra i pesi e le masse dei corpi è costante ed equivale all'accelerazione di gravità. In genere, la quantità di un corpo viene espressa mediante la sua massa (un chilogrammo di pane, una tonnellata di carbone, ecc.), ma esistono altre possibilità: per esempio si parla di «barili» di petrolio e di «metri cubi» di metano (ricorrendo quindi al volume); nel caso di materiale radioattivo si ricorre al conteggio mediante un contatore Geiger, nel caso di medicinali si può fare riferimento agli effetti fisiologici, ecc. Gli scienziati ed i tecnici hanno a disposizione diversi modi per esprimere la «quantità» di un corpo e quindi diverse unità di misura: tra queste si colloca la mole che costituisce una delle sette unità di misura fondamentali del *Sistema Internazionale di Unità (SI)* nel quale viene così definita:

La mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio¹ 12 (¹²C); il suo simbolo è mol

Avvertenza: quando si usa la mole, le entità elementari devono essere di volta in volta specificate: possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle o raggruppamenti specificati di tali particelle.

Tale definizione è stata accettata dalla Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata (IUPAC) e dalla Federazione Internazionale di Chimica Clinica (IFCC). Di conseguenza, le concentrazioni delle soluzioni devono essere espresse in moli/decimetro cubo, abbandonando la normalità e gli equivalenti, grandezze che non hanno alcun rapporto con quelle del Sistema Internazionale. Parimenti si tende sempre più ad usare la mole (*mol*) o la millimole (*mmol*) anche per esprimere i dati biologici ed i risultati delle analisi chimico cliniche.

Tra tutte le definizioni delle unità di misura del SI, quella di mole possiede una particolarità unica: in essa infatti si specifica chiaramente anche la grandezza fondamentale (la quantità di sostanza) che viene misurata in moli. Come esistono la grandezza fondamentale *lunghezza* (simbolo *l*), la cui unità di misura è il *metro* (simbolo *m*) e la grandezza fondamentale *tempo* (simbolo *t*) la cui unità di misura è il *secondo* (simbolo *s*), così esiste la grandezza fondamentale *quantità di sostanza* (simbolo *n*) la cui unità di misura è la *mole* (simbolo *mol*). In matematica, misurare una grandezza scalare significa associarle un numero: ad esempio, $x = 4$. In fisica, misurare una grandezza significa attribuirle un numero moltiplicato per una unità di misura: ad esempio, nel caso di una lunghezza, si scrive $l = 4 m$. In chimica, per misurare una quantità di sostanza non è sufficiente moltiplicare un numero per una unità di misura: è necessario anche precisare il nome della sostanza implicata nella misura; ad esempio, per indicare che la quantità di sostanza *diazoto* è quattro millimoli si scrive: $n(N_2) = 4 mmol$. Esprimere una quantità di sostanza in moli è quindi un'operazione complessa in quanto ragionare in moli implica: effettuare un conteggio, come in matematica; esprimere la misura di una grandezza, come in fisica (*4 millimoli*) e, specificità della chimica, precisare la sostanza che è oggetto di misurazione (il *diazoto*). L'aver deciso di considerare la mole come unità di misura della grandezza fondamentale «quantità di sostanza» non ha però inciso sul modo di esprimersi dei chimici e degli insegnanti di chimica. In effetti, sono pochissimi coloro che ricorrono all'espressione «quantità di sostanza» mentre la grande maggioranza continua ad usare l'espressione «numero di moli». Si tratta di un modo di esprimersi che ha il suo fondamento nelle idee di *grammo-atomo* e *grammo-molecola*, intese come peso atomico e peso molecolare espresso in grammi. Tali idee sono state usate dai chimici per lungo tempo e questo dimostra che si tratta di nozioni efficaci ed operative. Tuttavia, esse non sono più accettabili dal momento in cui è stata proposta una nuova grandezza fondamentale (la quantità di sostanza) e ne è stata definita l'unità di misura. Ad esempio, gli insegnanti assegnano

spesso problemi del tipo: *Determinare il numero di moli di alluminio contenute in 0,350 chilogrammi di cloruro di alluminio (AlCl₃)* e si aspettano come risposta: *il numero di moli di alluminio contenute in 0,350 chilogrammi di cloruro di alluminio è 2,625*. Come fa notare Mirone [2], si tratta di un modo di esprimersi alquanto bizzarro. In effetti, se una persona vuole esprimere la distanza tra due località (diciamo Mai e Poi), dirà: *Mai e Poi distano cinquanta chilometri*, oppure *la distanza tra Mai e Poi è di cinquanta chilometri*; probabilmente non gli verrebbe mai l'uzzolo di dire: *il numero di chilometri tra Mai e Poi è cinquanta*. In base alla definizione SI della mole, il problema chimico andrebbe quindi riformulato in questo modo: *Determinare la quantità di sostanza alluminio contenuta in 0,350 chilogrammi di cloruro di alluminio*. A sua volta, la risposta dovrebbe essere: *La quantità di sostanza alluminio contenuta in 0,350 chilogrammi di cloruro di alluminio è 2,625 moli*. Mirone sostiene che anche questo modo di esprimersi non è completamente soddisfacente, tanto è vero che sulla scelta della «quantità di sostanza» come grandezza fondamentale della quale la mole è l'unità di misura sono state avanzate molte critiche, [2,4,5,6,7,8,9] accompagnate da altrettante proposte di denominazioni alternative: *psammity*, *ontcount*, *metromorance*, *chemical amount*, *particulate amount*, *numerousness*, ecc. La proposta che ha ricevuto maggiori consensi è *chemical amount*, traducibile in *quantità chimica*; in effetti, l'espressione non è del tutto nuova [10], in quanto Ostwald nel suo Compendio di Chimica Generale aveva già usato il termine *chemische menge*, traducibile in *quantità chimica o moltitudine chimica*. È quindi possibile definire la mole in questo modo:

La mole è la quantità chimica di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12 (¹²C); il suo simbolo è mol

In questo caso, il problema chimico precedente andrebbe formulato in questo modo: *Determinare la quantità chimica di alluminio contenuta in 0,350 chilogrammi di cloruro di alluminio²*. La quantità chimica viene

¹ Nel 1980 è stato precisato che in questa definizione si fa riferimento ad atomi di carbonio 12 non legati, in riposo e nel loro stato fondamentale.

espressa in moli e quindi la risposta sarà: *La quantità chimica di alluminio contenuta in 0,350 chilogrammi di cloruro di alluminio è 2,625 moli.*

Nella definizione della mole si fa riferimento ad una specie chimica ben definita: l'isotopo del carbonio al quale i chimici hanno assegnato la massa convenzionale 12 in unità di massa atomica (u). Inizialmente, i chimici avevano attribuito il valore 1 alla massa atomica dell'idrogeno e, sulla base di questo valore di riferimento, avevano poi determinato la massa atomica relativa degli altri elementi del sistema periodico. In seguito, soprattutto a causa della scoperta degli isotopi, preferirono usare come riferimento l'isotopo 12 del carbonio (^{12}C), ossia quell'isotopo al quale, in modo arbitrario ed a seguito di una convenzione della comunità scientifica, fu attribuita la massa 12 in unità di massa atomica ($12 u$).

Se si conosce la massa relativa di un atomo o di una molecola rispetto alla massa del ^{12}C , è come se si conoscesse la sua massa reale. Infatti, secondo la definizione SI, una mole di ^{12}C è esattamente 12 grammi di carbonio ^{12}C . Esiste dunque una relazione imposta, e quindi di natura convenzionale, tra un atomo ed una mole di atomi di ^{12}C : il valore numerico (12) è sia la massa atomica relativa di un singolo atomo ^{12}C ($12 u$), sia la massa di una mole di atomi ^{12}C (12 g). La scelta di questa corrispondenza è conseguenza del proposito di utilizzare la seguente relazione di proporzionalità:

Se tra le masse dei campioni di due diverse sostanze esiste lo stesso rapporto che esiste tra le masse delle relative entità elementari a livello microscopico (atomi, molecole, ioni), allora i due campioni contengono lo stesso numero di entità elementari.

Il problema è dunque stabilire quale sia il numero di unità discrete presente in una mole di atomi di ^{12}C , oppure in una mole di una qualsiasi specie chimica. Questo numero, per la relazione imposta tra massa relativa in *unità di massa atomica* della «unità strutturale» (atomo, molecola, ione) di una specie chimica e massa in *grammi* di una mole di tali particelle, è una costante (detta **costante di Avogadro**, simbolo N_A) il cui valore può essere determinato sperimentalmente con una ventina di me-

todi diversi. [11,12,13,14].

Cosa è dunque la mole, un numero o una massa? La risposta è: né l'uno né l'altra. La mole, come già abbiamo detto, è l'unità di misura della grandezza fondamentale *quantità di sostanza* (o *quantità chimica*) (n) di un sistema costituito da entità elementari uguali. Tale quantità (chimica o di sostanza) può essere espressa sia come massa, sia come numero di unità strutturali che il sistema contiene; l'unità di misura fondamentale «mole» ha la caratteristica di riferirsi ad entrambi. L'aspetto peculiare della mole sta proprio nel fatto che essa offre la possibilità di «contare» le entità elementari delle sostanze a livello microscopico (atomi, molecole, ioni, ecc.) «pesando» quantità macroscopiche delle sostanze e viceversa. Si tratta dunque di un concetto che fa da ponte tra il livello macroscopico delle sostanze ed il livello microscopico degli atomi e delle molecole [2]. Essere in grado di «contare pesando» è molto importante per i chimici, in quanto questi ricorrono al conteggio quando, ad esempio, «mettono a posto» i coefficienti delle reazioni, ma poi, a livello empirico, non sono in grado di contare direttamente le entità chimiche e possono solo pesare una certa massa della sostanza che le contiene.

3 – UN'INDAGINE SULLE CONCEZIONI DEGLI STUDENTI

Come già abbiamo ricordato, numerose sono le ricerche condotte sul problema dell'insegnamento e dell'apprendimento del concetto di mole, ed a queste avremmo potuto fare riferimento per segnalare le principali concezioni difformi degli studenti, non di rado conseguenza di un insegnamento non adeguato. Tuttavia ci è parso opportuno condurre una nuova indagine per avere dati di prima mano, relativi ad un certo numero di studenti di alcune scuole secondarie italiane. Naturalmente non abbiamo nessuna intenzione di estrapolare questi dati all'insieme degli allievi: di essi ci serviamo unicamente per rilevare le concezioni di cui sono portatori gli studenti interessati: è probabile che alcuni insegnanti ritengano questi risultati degni di attenzione.

Con questa indagine cerchiamo di dare risposta a tre interrogativi:

1. Quale idea hanno della mole gli studenti toccati dall'inchiesta?

2. Come spiegano l'identità numerica tra massa atomica o molecolare relativa e massa molare?

3. Come calcolano la massa in grammi di un atomo o di una molecola?

Lo strumento utilizzato per l'indagine è un questionario [15] nel quale si pongono agli studenti tre interrogativi a risposta aperta:

1) Secondo te, cosa è la mole?

2) Per una determinata sostanza chimica, la massa in grammi di una sua mole è identica, in valore numerico, alla massa relativa di una sua entità elementare (atomo o molecola) espressa in unità di massa atomica (u). Per esempio, la massa di una mole di ammoniaca è di 17,0 grammi; la massa molecolare relativa di una molecola di ammoniaca vale 17,0 u . Secondo te, come mai esiste questa identità nei valori numerici?

3) La massa atomica relativa di un atomo di ossigeno è 16,0 u . Secondo te, qual è la massa in grammi di un atomo di ossigeno?

Il questionario è stato somministrato a 177 studenti così ripartiti:

□ 114 studenti del quarto anno di sei classi di due Licei Scientifici;

□ 63 studenti delle classi terza, quarta e quinta del corso di chimica industriale di due Istituti Tecnici.

Gli studenti dei Licei Scientifici avevano affrontato il concetto di mole nel corso dell'anno scolastico; per quanto riguarda gli studenti degli ITIS, il concetto di mole viene affrontato nel corso del terzo anno.

3.1 - Risultati

Domanda n. 1 – Quale concezione hanno della mole gli studenti della scuola secondaria che hanno seguito almeno un corso di chimica?

è Soltanto 17 studenti (9,6%) hanno risposto alla prima domanda in modo appropriato, dando la definizione di mole del SI; tutti gli altri manifestano concezioni della mole che possono essere ritenute fraintendimenti di quest'ultima, in parte legate alle idee ormai obsolete di grammo-atomo e grammo-molecola.

è 40 studenti (22,6%) pensano che la mole sia un'unità di misura della quantità di sostanza, però la legano unicamente o al numero delle entità costitutive (atomi o molecole) di una

150 ² In effetti, nella sostanza composta cloruro di alluminio è presente l'elemento alluminio, ma non la sostanza semplice alluminio. Questa ambiguità verrebbe evitata usando l'espressione «quantità chimica» anziché «quantità di sostanza.»

sostanza, oppure alla massa atomica o molecolare.

La mole è un'unità di misura che serve per determinare quanti atomi o molecole sono presenti in una certa sostanza.

È un'unità di misura che mi indica quanta sostanza c'è in un campione in corrispondenza con il numero di grammi e si calcola con la massa molecolare.

è 29 studenti (16,4%) definiscono la mole come una quantità di sostanza che contiene un numero di Avogadro di particelle.

La mole è una determinata quantità di una sostanza che ha un numero fisso di particelle elementari pari al numero di Avogadro.

La mole individua una quantità di sostanza, esattamente $6,02 \times 10^{23}$ particelle di tale sostanza.

è 56 studenti (31,6%) ritengono che la mole sia la quantità in grammi di sostanza equivalente al peso atomico o molecolare.

La mole è la quantità in grammi di un singolo elemento pari al peso atomico.

Dicesi mole il peso molecolare di una data sostanza espresso in grammi.

è 19 studenti (10,7%) ritengono che la mole sia una certa quantità espressa in grammi.

È una piccolissima quantità di materia espressa in grammi.

La mole è una precisa quantità di un elemento espressa in grammi.

è Per 5 studenti (2,8%) la mole è uno strumento per effettuare calcoli.

La mole è la massa con cui si misura una certa quantità di un elemento, in modo che avendo un peso reale su cui basarsi si possono fare certi calcoli.

è 10 studenti (5,6%) danno risposte svariate, del tipo:

Una mole è il numero di atomi presenti nell'elemento.

La mole di un composto è la somma dei pesi atomici di ogni molecola.

È vero che, nel corso della prima metà

del 1900, il termine mole venne usato come sinonimo di grammo-atomo e di grammo-molecola; è evidente che, in queste accezioni, la mole corrisponde ad una massa, tanto è vero che essa veniva intesa in questo modo: *la quantità di sostanza chiamata mole corrisponde al suo peso molecolare (atomico, formula) espresso in grammi³*. Purtroppo, questo modo di intendere la mole è ancora condiviso da molti insegnanti ed è all'origine delle concezioni distorte della mole che si ritrovano presso gli studenti. Tale definizione della mole non è accettabile, in quanto la mole è riferita alla grandezza «quantità di sostanza» e non alla grandezza «massa», come fu chiarito durante il dibattito dei metrologi quando si trattò di inserire la mole tra le unità di base [16].

Parimenti non è accettabile la definizione della mole come numero, ossia $6,02 \times 10^{23}$ particelle, in quanto la costante di Avogadro è il valore determinato sperimentalmente per l'unità di misura mole e quindi non è l'unità di misura. Se uno studente dice che una mole contiene un numero di particelle dato dalla costante di Avogadro, non dice una cosa sbagliata, ma non sta dicendo cosa è la mole; sta esponendo una conseguenza della definizione SI dell'unità di misura fondamentale «mole». Se uno studente dice che una mole di una sostanza è la sua massa atomica o molecolare espressa in grammi, confonde la massa molecolare con la massa molare, cioè sovrappone il registro microscopico e quello macroscopico: una massa atomica (molecolare) espressa in grammi corrisponde ad un valore numerico dell'ordine di 10^{23} grammi. In conclusione, la sola definizione accettabile è quella SI in base alla quale è possibile spiegare l'identità numerica tra massa atomica o molecolare relativa di una sostanza e la sua massa molare.

Domanda n. 2

Come giustificano gli studenti l'identità numerica tra la massa atomica o molecolare di una sostanza espressa in unità di massa atomica e la sua massa molare espressa in grammi?

è Diciotto studenti (10,1%) non hanno risposto a questa domanda.

è Per 78 studenti (44%) le idee al

riguardo sono alquanto confuse.

L'identità dei valori numerici è data da una curiosa coincidenza.

Perché la massa degli elementi si misura rispetto all'uma⁴ che è uguale a $1,66 \times 10^{-24}$ grammi. Se noi moltiplichiamo la massa della mole per tale numero, essendo questo molto piccolo, il valore sarà praticamente uguale.

Perché un'uma corrisponde al numero di Avogadro ($6,022 \times 10^{23}$, sic!).

è Per 30 studenti (17%) si tratta di una comodità, di una convenzione che facilita il lavoro dei chimici.

Probabilmente è una convenzione per facilitare l'esperimento.

Esiste questa identità nei valori numerici per comodità.

Esiste l'identità nei valori numerici per facilitare i calcoli. Si è passati da un'unità di misura all'altra senza mai cambiare il valore numerico calcolato prima, per poter effettuare esperimenti pratici. Io non posso prelevare 17,0 u, ma posso prelevare 17,0 grammi.

è 17 studenti (9,6%) attribuiscono questa identità al fatto che esiste la corrispondenza tra unità di massa atomica e grammi ($1 \text{ u} = 1 \text{ g}$).

Poiché 1 uma corrisponde a 1 grammo.

è 22 studenti (12,4%) tentano di spiegare l'eguaglianza utilizzando algoritmi che coinvolgono diverse grandezze chimiche (u, massa molare, il «numero» di Avogadro, la massa di un atomo di carbonio ¹²C) senza però rispondere alla domanda.

1 molecola di $\text{NH}_3 = 17,0 \text{ uma}$

1 mole di $\text{NH}_3 = 17,0 \text{ grammi}$

Bisogna allora moltiplicare per $1,66 \times 10^{24}$.

Perché il peso di un atomo è $1,66 \dots \times 10^{-24}$ e vi sono $6,023 \times 10^{23}$ atomi in una mole ricordiamo: $1,66 \times 10^{-24} \cdot 6,023 \times 10^{23} = 0,999818$ cioè quasi rapporto 1 : 1.

è 12 studenti (6,8%) hanno risposto a questa domanda rifacendosi alla risposta data alla prima domanda.

La mole è la quantità in grammi corrispondente al peso molecolare e con-

³ In effetti, questa espressione è falsa. Ad esempio, la massa molecolare di una molecola d'acqua è 18 u, ma espressa in grammi è $2,9898 \cdot 10^{-23}$

⁴ Viene usato quasi sempre l'acronimo *uma* come simbolo dell'unità di massa atomica (per gli anglosassoni *amu*); è bene ricordare che il sistema SI accetta solo il simbolo *u*

tenente $6,022 \times 10^{23}$ particelle.

Esistono queste identità per la definizione data sopra.

In genere, le risposte sono inadeguate, le spiegazioni sono vaghe e parziali a causa dell'incapacità degli studenti di costruire un'argomentazione logica per stabilire una relazione tra il sistema di masse relative, costruito sulla base del valore convenzionale 12 attribuito all'isotopo ^{12}C , e la definizione della mole. È presente l'idea che si tratta di una convenzione, ma le ragioni di tale convenzione sono del tutto ignorate: domina una concezione di tipo strumentale, come se il concetto di mole fosse un artificio inventato dai chimici per rendere meno complicati i calcoli.

Domanda n. 3

Gli studenti utilizzano il concetto di mole per risolvere problemi quali il passaggio dalla massa atomica o molecolare di una sostanza espressa in unità di massa atomica alla massa in grammi di una entità elementare (atomo o molecola) di tale sostanza?

È Sono 68 (38,4%) gli studenti che danno una risposta corretta utilizzando due approcci diversi. Alcuni (46) dividono la massa molare per $6,02 \times 10^{23}$, altri (22) moltiplicano la massa relativa di $1/12$ dell'isotopo ^{12}C ($1,66 \times 10^{-24}$) per il numero atomico (16) dell'ossigeno.

È 78 studenti (44%) rispondono che un atomo di ossigeno pesa 16 grammi.

È 14 studenti (8%) applicano algoritmi errati per effettuare il calcolo.

È 7 studenti (4%) intuiscono quelli che devono essere gli ordini di grandezza, ma non padroneggiano il concetto di mole e quindi non sono in grado di rispondere.

È sicuramente un valore piccolissimo, perché se anche un atomo di ossigeno pesasse solo 1 grammo, saremmo schiacciati a terra dall'enorme peso che starebbe sopra di noi.

Un po' più della metà degli studenti usano concetti espressi nel definire la mole (domanda 1) per dare risposta all'interrogativo posto nella terza domanda, ma essi non possiedono una comprensione adeguata dei concetti che entrano in gioco nella definizione del-

la mole; si spiegano così le difficoltà che incontrano nel rispondere a questa domanda, come anche a quella precedente.

4 – QUALI INDICAZIONI PER L'INSEGNAMENTO?

Nel 1985 Henry Bent pubblicò sul Journal of Chemical Education [17] un articolo nel quale proponeva di escludere dalla scuola secondaria l'insegnamento del concetto di mole con queste argomentazioni:

The mole concept in chemistry is for mature students of chemistry... It's a waste of time to try to teach the mole concept to a person before they have learned to think atomistically and almost trivial to teach thereafter. For mature students of chemistry, the mole concept can be taught, can perhaps best be taught, mechanically, with computers.

Il concetto di mole non è adatto per studenti che frequentano un corso iniziale di chimica... È una perdita di tempo cercare di insegnare il concetto di mole a soggetti che non sono in grado di pensare in termini di atomi, mentre è quasi banale insegnarlo a quanti sono in grado di farlo. A studenti avanzati di chimica, il concetto di mole può essere insegnato, forse può essere insegnato meglio, in modo meccanico, ricorrendo ai computer.

George Gorin [18] rispose a questa presa di posizione di Bent affermando di non dividerla affatto in quanto: *Chemistry is a quantitative subject and measurements are, therefore, of paramount importance. Scientists and technologists all over the world have agreed on a system of measurement units, which have been defined more precisely than any others: the SI. In this system there are seven «base» units and mole is one of them. Chemists use it daily, because it is the most convenient unit to use in stoichiometric calculations. ... To be sure, some students have difficulty with the mole concept. Moreover, some teachers further this difficulty by confused or downright irrational «explanations».*

La chimica è una disciplina quantitativa e quindi le misure hanno una notevole importanza. Scienziati e tecnici di tutto il mondo si sono accordati su un sistema di unità di misura che sono state definite con grande precisione: il Sistema Internazionale (SI). In questo sistema vi sono sette unità «fondamentali» e la mole è una di queste. I chimici la

usano ogni giorno, in quanto si tratta dell'unità più appropriata per i calcoli stechiometrici. Non vi è dubbio che alcuni studenti hanno delle difficoltà con il concetto di mole. Inoltre, alcuni insegnanti contribuiscono ad alimentare queste difficoltà con spiegazioni confuse o sbagliate.

Indubbiamente, se si vuole restare alla chimica descrittiva, non vi è alcun bisogno di ricorrere al concetto di mole, così come non è il caso di fare appello agli orbitali. Però se si affronta l'aspetto quantitativo, allora il concetto è indispensabile. Non si può dunque essere d'accordo con la posizione sostenuta da Bent e, soprattutto, non è condivisibile la sua idea che il concetto di mole discenda dall'applicazione di un ragionamento semplice al modello atomico. Alcune ricerche [15,19,20, 21] mostrano che numerosi studenti incontrano non poche difficoltà ad acquisire il concetto di mole anche quando è stato loro insegnato in modo adeguato il modello atomico. Inoltre, come mostrano tutte le ricerche condotte sull'apprendimento del concetto di mole ed anche la nostra personale indagine, l'insegnante non può illudersi che sia sufficiente esporre in modo chiaro, usando i termini più appropriati, la definizione della mole adottata dal Sistema Internazionale, per far sì che gli studenti siano in grado di acquisire il concetto di mole e quindi di renderlo operativo, vale a dire utilizzabile per risolvere problemi. Secondo Staver e Lumpe [15], gli studenti non riescono a rendere operativo il concetto in quanto non riescono a capire come mai vi sia un'identità numerica tra massa relativa espressa in unità di massa atomica e massa molare espressa in grammi. Soltanto la piena comprensione di tale identità può, secondo questi ricercatori, portare un allievo a disporre di un concetto «operativo» e non verbale di mole e quindi dargli la possibilità di usarlo per risolvere problemi senza ricorrere a formule imparate a memoria o ad algoritmi senza senso. A nostro avviso, ciò dipende dal fatto che il concetto di mole è un concetto formale, ossia un concetto costruito con un processo di astrazione su idee; in effetti, nel concetto di mole entrano in gioco atomi, isotopi, masse atomiche relative, ossia «oggetti mentali» inventati dai chimici per spiegare la realtà. Per una parte consistente degli studenti, tali ragionamenti su idee possono risultare troppo impegnativi dal punto di vista cognitivo,

mentre per essi sarebbe molto più facile applicare il ragionamento ad oggetti concreti. Ci si può dunque porre il seguente problema: ***In quale modo è opportuno introdurre e strutturare il concetto di mole?***

Esclusa la possibilità di limitarsi a trasmettere la definizione della nozione di mole, restano percorribili altre due strade: 1) ricorrere alle analogie; 2) costruire un modello di mole al di fuori della chimica, come risposta al problema di mettere insieme un certo numero di oggetti troppo piccoli per poter essere contati direttamente, come accade per atomi e molecole. La via dell'analogia è praticata da tempo e la più utilizzata è quella della dozzina; questa però costituisce una rappresentazione sbagliata in quanto mole e dozzina si riferiscono a due situazioni ben diverse:

- la dozzina è un numero che non ha alcuna relazione con la massa delle «entità elementari» contate e quindi non permette di stabilire una relazione tra massa e numero di unità costitutive;

- la dozzina è un numero adimensionale, un valore fisso per il conteggio, fissato in modo arbitrario; la costante di Avogadro è un valore determinato sperimentalmente e quindi con limiti di incertezza, come già si è detto.

Ricorrere all'analogia della dozzina, o altre simili, porta a rinforzare negli studenti il concetto distorto che identifica la mole con il «numero di Avogadro». È quindi indispensabile prendere in considerazione la seconda alternativa, il che significa introdurre e sviluppare il concetto di mole nel contesto del «pensare per contare»: quando si vendono e si comprano quantità consistenti di oggetti molto piccoli (bottoni, chiodi, ecc.), di norma questi non vengono contati - ci vorrebbe troppo tempo - ma pesati. È quindi indispensabile progettare un percorso di apprendimento che parta da problemi di natura empirica ed abbia come sbocco l'introduzione della definizione SI della mole e la piena comprensione dell'identità numerica tra massa atomica o molecolare relativa espressa in unità di massa atomica e la massa molare espressa in grammi.

5 – UNA STRATEGIA PER COSTRUIRE IL CONCETTO DI MOLE

Come già abbiamo sottolineato, dalle ricerche condotte sull'apprendimento del concetto di mole si ricava che il problema fondamentale è la comprensione dell'identità numerica tra massa re-

lativa (atomica o molecolare) espressa in unità di massa atomica e massa molare espressa in grammi. È quindi necessario, in primo luogo, portare gli studenti ad acquisire l'idea di «massa convenzionale» e di «rapporto tra masse convenzionali». L'approccio che proponiamo consiste nel porre gli allievi di fronte ad una situazione problematica che non è un tradizionale esercizio di chimica, ma un vero e proprio rompicapo del tipo di quello di fronte al quale si trovarono i chimici quando cominciarono a riflettere in termini di relazioni quantitative tra corpi semplici e composti nelle reazioni chimiche. Però, anziché riflettere su «oggetti mentali» quali sono gli atomi e le molecole, gli allievi vengono messi in condizione di riflettere su (e lavorare con) oggetti concreti: i chiodi.

5.1 – Attività 1

Una situazione problematica

L'insegnante pone alla classe la seguente situazione problematica:

Disponiamo di quattro scatole, ognuna delle quali contiene chiodi di un certo tipo che possiamo chiamare chiodi C1, C2, C3 e C4. Si tratta di chiodi che hanno tutti la stessa forma, sono tutti costituiti dallo stesso materiale, ma hanno dimensioni diverse. Si devono preparare quattro mucchietti, uno per tipo di chiodo, costituiti ognuno dallo stesso numero ($N \pm n$) di chiodi (C1, C2, C3 e C4) senza contarli e senza determinare la massa dei singoli chiodi. Inizialmente, infatti, si dispone unicamente di una bilancia a due piatti senza masse campione di riferimento. Come fare?

Si tratta di un problema alquanto difficile che impegna notevolmente gli allievi per cui conviene farli lavorare a piccoli gruppi. Per risolvere il problema, gli allievi devono assumere come riferimento un chiodo (C1 oppure C2 oppure C3 oppure C4) e attribuirgli una massa arbitraria. Tale idea non è affatto banale, ma può essere elaborata gradualmente nel contesto di una discussione collettiva che non è sicuramente facile per gli allievi e mette a dura prova anche l'insegnante. Infatti, nel corso delle attività, egli sarà più volte tentato (a volte le parole sfuggono...) di fornire direttamente le informazioni che potrebbero permettere agli studenti di superare le difficoltà di fronte alle quali si trovano. Proprio in queste occasioni, è necessario che l'insegnante sappia controllarsi, in modo da sostituire

la risposta risoltrice dell'esperto con una domanda o un invito (provate un po' a pensare così e così) che indirizzi l'attività mentale degli allievi nella buona direzione.

Per poter risolvere il problema, gli allievi devono elaborare l'idea che l'unica strada percorribile è quella di assumere come riferimento un chiodo di un certo tipo e stabilire delle equivalenze tra la massa di questo chiodo e quelle degli altri chiodi. Solo quando questa idea viene proposta e condivisa dagli studenti, allora si è superato un primo, importante ostacolo. In base alle nostre sperimentazioni, possiamo dire che il modo di procedere migliore consiste nel richiedere agli allievi, organizzati in piccoli gruppi, di progettare una strategia per risolvere il problema, giustificando tutto ciò che propongono di fare; ogni proposta viene poi comunicata a tutta la classe che la discute. In questo modo, con un lavoro prima individuale e poi collettivo e procedendo per tentativi ed errori, si giunge sicuramente, anche con l'intervento discreto ed intelligente dell'insegnante, ad elaborare una strategia di base che poi ogni gruppo svilupperà nel modo che ritiene più opportuno.

Ecco quanto è avvenuto in una classe del biennio (seconda) di un istituto tecnico⁵. Gli allievi hanno a disposizione i chiodi C1, C2, C3 e C4: C1 è il più piccolo, C4 è il più grande. Con una discussione collettiva iniziale si è elaborato un piano generale di azione. A seguito di questo, i gruppi decidono di assumere come riferimento il chiodo C4; i gruppi si accordano per non lavorare tutti con lo stesso numero di chiodi.

Gli allievi tentano inizialmente di bilanciare esattamente la massa di un certo numero di chiodi C4 (per esempio, cinque) con un certo numero di chiodi C1, oppure C2 oppure C3. In nessun caso la cosa è possibile. Il problema si pone per tutti i gruppi, per cui si rende necessaria una riflessione comune per vedere come superare la difficoltà. Diverse idee vengono proposte, ma alla fine ci si rende conto che, se si vuole procedere in modo spedito, si può adottare una strategia molto semplice: si determina il numero massimo di chiodi C1 che possiede una massa inferiore a quella di cinque chiodi C4 (ad esempio N) e il numero minimo di chiodi C1 che possiede una massa su-

⁵ La sequenza è stata sperimentata anche in una classe terza di indirizzo chimico. Mediamente sono necessarie 15 ore per completarla.

periore a quella di cinque chiodi C4 ($N + 1$); si calcola il valore medio e lo si assume come risultato; si procede poi allo stesso modo per gli altri tipi di chiodi (C2 e C3).

Ecco i dati raccolti da tre gruppi:

Gruppo 1 - La massa di dieci chiodi C4 equivale alla massa di:

52-53 chiodi C1 ossia 52,5 chiodi C1
24-25 chiodi C2 ossia 24,5 chiodi C2
15-16 chiodi C3 ossia 15,5 chiodi C3
Di conseguenza, la massa di un chiodo C4 equivale alla massa di:

- *5,25 chiodi C1
- *2,45 chiodi C2
- *1,55 chiodi C3

Gruppo 2 - La massa di cinque chiodi C4 equivale alla massa di:

27-28 chiodi C1 ossia 27,5 chiodi C1
12-13 chiodi C2 ossia 12,5 chiodi C2
7-8 chiodi C3 ossia 7,5 chiodi C3
Di conseguenza, la massa di un chiodo C4 equivale alla massa di:

- *5,50 chiodi C1
- *2,50 chiodi C2
- *1,50 chiodi C3

Gruppo 3 - La massa di 7 chiodi C4 equivale alla massa di:

36-37 chiodi C1 ossia 36,5 chiodi C1
16-17 chiodi C2 ossia 16,5 chiodi C2
10-11 chiodi C3 ossia 10,5 chiodi C3
Di conseguenza, la massa di un chiodo C4 equivale alla massa di:

- *5,21 chiodi C1
- *2,36 chiodi C2
- *1,50 chiodi C3

Calcolando i valori medi, avremo:
chiodi C1: $m_1 = (5,21 + 5,50 + 5,25) / 3 = 5,32$
chiodi C2: $m_2 = (2,36 + 2,50 + 2,45) / 3 = 2,44$
chiodi C3: $m_3 = (1,50 + 1,50 + 1,55) / 3 = 1,52$

In conclusione, in termini di massa, 1 chiodo C4 equivale a: 5,32 chiodi C1; 2,44 chiodi C2; 1,52 chiodi C3.

5.2 - Attività 2

La massa di riferimento convenzionale e l'unità di massa chiodica

A questo punto, è sufficiente assegnare un valore arbitrario alla massa del chiodo scelto come riferimento (massa che dovrà essere espressa in una opportuna unità di misura) per pervenire alle masse relative degli altri chiodi espresse nella stessa unità.

Se si attribuisce al chiodo C4 la massa convenzionale 20,00 avremo che le masse convenzionali dei chiodi sono:
Chiodo C1: $20,00 / 5,32 = 3,76$
Chiodo C2: $20,00 / 2,44 = 8,20$

Chiodo C3: $20,00 / 1,52 = 13,16$

Chiodo C4: $20,00 / 1,00 = 20,00$

In quale unità di misura sono espressi questi valori? Si tratta di un'unità convenzionale che l'insegnante propone di chiamare **unità di massa chiodica (umc)**.

Per calcolare i rapporti tra le masse relative è sufficiente dividere tutti i valori per il più piccolo e si ottiene:

C1 : C2 : C3 : C4 = 3,76 umc : 8,20 umc : 13,16 umc : 20,00 umc = 1,00 : 2,18 : 3,50 : 5,32.

Questi sono i rapporti tra le masse relative dei chiodi C1, C2, C3 e C4. Ciò che risulta particolarmente interessante è il fatto che, qualunque tipo di chiodo venga scelto come riferimento e qualunque massa convenzionale gli si attribuisca, si arriva sempre agli stessi rapporti.

Ad esempio, un gruppo (opportuna-mente consigliato dall'insegnante...) ha attribuito al chiodo C2 la massa relativa 12,00 umc. Poiché, come già sappiamo, 2,44 chiodi C2 equivalgono a 5,32 chiodi C1, 2,18 chiodi C1 equivalgono a 1 chiodo C2; se la massa convenzionale del chiodo C2 vale 12 umc, la massa convenzionale del chiodo C1 vale: $12 / 2,18 = 5,50$ umc. Nel caso del chiodo C3 si calcola che ognuno di questi equivale a 1,60 chiodi C2, per cui la massa convenzionale del chiodo C3 vale 19,20 umc. Con lo stesso ragionamento si calcola che la massa convenzionale del chiodo C4 vale 29,28 umc.

Le masse relative dei chiodi sono dunque:

Chiodo C1: 5,50 umc

Chiodo C2: 12,00 umc

Chiodo C3: 19,20 umc

Chiodo C4: 29,28 umc

Dividendo tutti i valori per il più piccolo (5,50 umc) si ottengono i rapporti tra le masse relative:

C1 : C2 : C3 : C4 = 1,00 : 2,18 : 3,50 : 5,32

Come si vede, sono valori uguali a quelli calcolati in precedenza.

La conclusione è dunque la seguente: **in un sistema convenzionale di masse relative per i chiodi C1, C2, C3 e C4, queste stanno fra loro nei seguenti rapporti:**

C1 : C2 : C3 : C4 = 1,00 : 2,18 : 3,50 : 5,32

Quindi, **scegliendo un qualsiasi chiodo come riferimento, e attribuendogli una massa convenzionale, è possibile stabilire la massa convenzio-**

nale relativa degli altri chiodi. Tali masse relative variano al variare del chiodo assunto come riferimento e/o della massa convenzionale che gli viene attribuita; però i rapporti delle masse convenzionali hanno sempre gli stessi valori.

Questi rapporti sono validi anche per le masse vere? In genere, la classe arriva rapidamente a riconoscere che tali rapporti valgono anche per le masse espresse in grammi (chilogrammi).

5.3 - Attività 3

Condividere una soluzione

È ora possibile dare risposta al problema posto dall'insegnante? Gli studenti, riuniti in piccoli gruppi, vengono invitati a riflettere su quest'ultimo aspetto del problema iniziale ed a presentare la soluzione ipotizzata a tutta la classe. In genere, due sono le soluzioni proposte:

1. Vi è chi fa riferimento alle masse convenzionali relative dei singoli chiodi e sostiene che vi deve essere lo stesso numero di chiodi in:

3,76 kg di chiodi C1; 8,20 kg di chiodi C2; 13,16 kg di chiodi C3 e 20,00 kg di chiodi C4 nel caso in cui si attribuisca al chiodo C4 la massa convenzionale 20,00 umc.

5,50 kg di chiodi C1; 12,00 kg di chiodi C2; 19,20 kg di chiodi C3 e 29,28 kg di chiodi C4 nel caso in cui si attribuisca al chiodo C2 la massa convenzionale 12,00 umc.

2. Vi è chi fa riferimento ai rapporti tra le masse relative dei singoli chiodi (C1 : C2 : C3 : C4 = 1,00 : 2,18 : 3,50 : 5,32) e sostiene che questi stessi rapporti esisteranno tra mucchietti che contengano tutti lo stesso numero (N) di chiodi. Quindi se in 1,00 kg di chiodi C1 vi sono N chiodi, lo stesso numero N sarà contenuto in 2,18 kg di chiodi C2, 3,50 kg di chiodi C3 e 5,32 kg di chiodi C4. L'insegnante fa riflettere gli allievi su questa conclusione al fine di mettere in evidenza che, in questo caso, è come se si attribuisse la massa convenzionale di 1,00 umc al chiodo più piccolo.

È quindi possibile fissare le condizioni per poter preparare quattro mucchietti di chiodi di tipo diverso che contengono tutti lo stesso numero di chiodi, senza contare i chiodi e senza misurare la massa di ogni singolo chiodo. Tutto il ragionamento è stato condotto sulla base delle **masse relative convenzionali** espresse in **unità di massa chiodica (umc)**.

Evidentemente, l'unità di massa chiodica è l'analogo, a livello empirico, dell'unità di massa atomica. A questo punto, l'insegnante può esporre il procedimento seguito inizialmente dai chimici per calcolare le masse atomiche relative degli elementi, chiedendo agli allievi di effettuare gli opportuni collegamenti con il lavoro eseguito sui chiodi.

5.4 – Attività 4

Dall'unità di massa chiodica alla chiole

L'insegnante può ora proporre agli allievi di affiancare all'unità di massa chiodica, un'altra unità di misura relativa ad una certa quantità di chiodi. Il ragionamento che sviluppa con gli allievi è il seguente. Consideriamo ad esempio il chiodo C2 al quale si è attribuita massa convenzionale 12,00 umc e pesiamo 12,00 chilogrammi di tali chiodi. In questo mucchietto di chiodi C2 sarà contenuto un certo numero di chiodi che possiamo indicare con **N**: diremo dunque che in 12,00 kg di chiodi C2 sono contenuti **N** chiodi C2. In base al lavoro svolto in precedenza, sappiamo che lo stesso numero di chiodi sarà contenuto in 5,50 kg di chiodi C1; 19,20 kg di chiodi C3 e 29,28 kg di chiodi C4. Questo nel caso in cui si attribuisca al chiodo C2 la massa convenzionale 12,00 umc.

L'insegnante propone ora agli allievi di adottare un'altra unità di misura - la **chiole** - definita in questo modo:

una chiole di chiodi è il mucchietto che contiene tanti chiodi quanti sono quelli presenti in 12,00 kg del chiodo C2 al quale è stata attribuita la massa convenzionale 12,00 umc.

Analizzando questa definizione, si arriva a mettere in evidenza che la chiole esprime contemporaneamente una massa ed un numero di chiodi; non è solo una massa, nel qual caso si potrebbe ricorrere all'unità di misura chilogrammo del SI; non è unicamente un numero, nel qual caso sarebbe sufficiente ricorrere ad un conteggio. Si tratta di una quantità particolare che si potrebbe chiamare **quantità chiodica**. Di conseguenza: **La chiole è l'unità di misura di una grandezza che possiamo chiamare quantità chiodica.**

L'insegnante fa notare che, nella definizione della chiole, si impone l'identità numerica (12) tra la massa convenzionale del chiodo C2, posta arbitrariamente uguale a 12,00 umc, e la massa

in chilogrammi di una chiole di questi chiodi (12,00 chilogrammi). In base al lavoro svolto in precedenza, risulta dunque che, anche per gli altri chiodi (C1, C3 e C4), un mucchietto che contenga un numero **N** di chiodi C1 avrà massa 5,50 kg; un mucchietto che contenga un numero **N** di chiodi C3 avrà massa 19,20 kg; un mucchietto che contenga **N** chiodi C4 avrà massa 29,28 kg.

In altre parole:

una chiole di chiodi C1 contiene **N chiodi C1 e ha massa 5,50 kg; una chiole di chiodi C3 contiene **N** chiodi C3 e ha massa 19,20 kg; una chiole di chiodi C4 contiene **N** chiodi C4 e ha massa 29,28 kg.**

5.5 – Attività 5

La definizione di mole e la costante di Avogadro

A questo punto, l'insegnante propone agli allievi di passare alla chimica e presenta la definizione dell'unità di misura più significativa per la determinazione delle quantità in chimica: la mole, così come proposta dal Sistema Internazionale:

La mole è la quantità di sostanza (quantità chimica) di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12 (¹²C); il suo simbolo è mol

Egli fa notare che anche in questo caso, come si è fatto con i chiodi, i chimici hanno assegnato una massa convenzionale (in unità di massa atomica, *u*) ad una unità chimica (l'atomo di Carbonio ¹²C) e poi hanno definito la mole imponendo una quantità in grammi uguale, in valore numerico, alla massa convenzionale. Tale identità di valori è dunque imposta, e la decisione è comprensibile alla luce del lavoro svolto sui chiodi nella prima parte: infatti solo in questo modo i chimici hanno la possibilità di mettere in comunicazione il livello macroscopico (le masse in chilogrammi) con quello microscopico (il numero di entità elementari che sono presenti in tali masse). In altre parole, solo in questo modo i chimici riescono a «contare pesando». Il parallelo tra i chiodi e le unità strutturali della chimica è di notevole aiuto per gli studenti, i quali riescono abbastanza agevolmente ad acquisire la relazione tra massa relativa (atomica e molecolare) di una sostanza e massa molare della stessa; avendo a disposizione le masse ato-

miche, la grande maggioranza dei soggetti è in grado di indicare la massa in grammi di una mole di atomi di sodio o di molecole di dicloro o tetrafosforo. Rimane il problema del numero **N** che, nel caso dei chiodi, non abbiamo neanche cercato di determinare. Anche nel caso della mole si parla di un certo numero di entità elementari: quanto vale questo numero? Come viene determinato il suo valore?

La costante di Avogadro

Il numero di entità chimiche contenute in una mole è **costante** in quanto ogni mole contiene lo stesso numero di unità costitutive. Questa costante prende il nome di **costante di Avogadro** (simbolo N_A); non già perché sia stata proposta o determinata da Avogadro, ma come omaggio al grande chimico italiano il quale propose l'ipotesi che *volumi eguali di tutti i gas, nelle stesse condizioni di temperatura e pressione, contengono lo stesso numero di unità costitutive*. Egli non avanzò alcuna supposizione sul valore di tale grandezza che viene determinato a partire da misure di pressione osmotica, di tensione superficiale, ecc. Un primo valore venne ricavato dai dati sperimentali raccolti da Loschmidt [22] per determinare il diametro di una molecola; altri valori furono ottenuti da vari studiosi (Van der Waals, Rayleigh, Lord Kelvin, ecc.) e tali valori erano tutti compresi tra 4×10^{23} e 10^{24} . Un valore particolarmente attendibile della costante di Avogadro fu ottenuto dal chimico francese Jean Perrin studiando il movimento delle particelle in sospensione nelle soluzioni colloidali di resine, preparate in modo di ottenere granelli di dimensioni uniformi; egli postulò che a questi granelli si potessero applicare le leggi dei gas. Mediante un dispositivo sperimentale ingegnoso, Perrin giunse a determinare per la costante di Avogadro il valore $6,8 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Come già si è detto, esistono circa venti metodi sperimentali diversi per determinare il valore della **costante di Avogadro** (N_A), per la quale si ammette oggi il valore:

$$N_A = (6,022045 \pm 0,000031) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Abitualmente si usa l'espressione **numero di Avogadro**, ma tale denominazione non è corretta. Un numero è adimensionale, in quanto si tratta del risultato di un conteggio e non è riferito ad alcuna unità di misura. In questo caso, però, si fa riferimento ad una unità di misura ben definita - la mole - e con la costante di Avogadro si indica il **nu-**

mero di entità elementari contenute in una mole: quindi la sua dimensione è mol^{-1} .

6 – CONCLUSIONE

Secondo la maggior parte dei ricercatori che si sono interessati dell'insegnamento e dell'apprendimento della nozione di mole, le difficoltà che incontrano gli allievi ad acquisire questo concetto dipendono essenzialmente da due motivi. In primo luogo, la mole assume connotazioni diverse a seconda degli insegnanti, a causa delle loro «concezioni personali» ancora fortemente influenzate dagli usi «storici» della mole e quindi dalle idee di grammo-atomo e di grammo-molecola a questa associate. Con ogni probabilità, ciò è dovuto al fatto che gli insegnanti ignorano l'esistenza della definizione della mole adottata dal SI oppure al fatto che, pur conoscendola, continuano a leggerla alla luce delle vecchie idee, ossia a considerarla o unicamente una massa o unicamente un numero. In entrambi i casi, il risultato è lo stesso: si ignora che è stata definita la grandezza fisica fondamentale *quantità di sostanza* o *quantità chimica* e che la mole è la sua unità di misura. In questo modo si rischia di non poter mai arrivare a comprendere come mai esiste una identità numerica tra massa atomica o molecolare relativa espressa in unità di massa atomica e massa molare espressa in grammi.

Se un insegnante ritiene opportuno (come sarebbe auspicabile) non fare più ricorso a modi di intendere la grandezza fondamentale della chimica quantitativa ormai superati, non gli rimane che collocare la «quantità chimica» tra le grandezze fisiche fondamentali (lunghezza, tempo, massa, ecc.) accoppiandola alla sua unità di misura: la mole. A questo punto, l'insegnante si trova di fronte ad un problema squisitamente didattico, legato alle difficoltà di apprendimento di un concetto, come quello di mole, di natura «formale». I concetti formali delle scienze della natura non rimandano ad oggetti materiali dei quali si possono cogliere, con un processo di astrazione empirica, gli attributi essenziali. Un concetto formale non viene «desunto» dalla realtà, ma «presunto», in quanto il pensiero co-

struisce un insieme di proposizioni e di relazioni postulate come «invarianti»: è questo insieme che costituisce il concetto.

Gli allievi non sono in grado di costruire i concetti formali con un processo induttivo a partire dalla realtà; a tali concetti essi possono accedere unicamente grazie ad un processo di «trasmissione sociale». Questo non significa fornire loro delle definizioni accurate, come avviene abitualmente nell'insegnamento, con tutte le conseguenze negative che ciò comporta e di cui buona parte degli insegnanti è consapevole [23]. L'insegnamento per definizioni dei concetti formali non è efficace per due ragioni: da una parte, l'accesso ad un concetto formale implica, per il soggetto che apprende, cambiamenti concettuali così importanti da rendere pressoché impossibile la sua integrazione immediata, dall'altra, i concetti formali acquistano un senso solo se messi in relazione con situazioni concrete, empiriche e con interrogativi relativi a queste. In altre parole, anche se l'apprendimento dei concetti formali richiede che si prendano le distanze dal concreto, l'accesso a tali concetti esige un confronto stretto con l'esperienza. Nel caso della mole, si può ritenere che lavorando sulla situazione sperimentale del «conteggio mediante pesata» sia possibile portare gli allievi a costruire le ipotesi necessarie per comprendere una tale operazione sia a livello empirico (i chiodi), sia a livello di modello particellare (le unità strutturali della chimica).

BIBLIOGRAFIA

- [1] W. Kieffer, Editoriale. *J. Chem. Educ.*, **38**, 51, 1961
 [2] P. Mirone, I cento anni della mole. *CnS*, **XXI**, 1, 1999
 [3] P. Mirone, Perché la chimica è difficile. *CnS*, **XXI**, 67, 1999
 [4] G. Gorin, «Chemical amount» or «Chemiance». Proposed names for the Quantity Measured in Mole Units. *J. Chem. Educ.*, **59**, 508, 1982
 [5] G. Gorin, Mole and Chemical Amount, *J. Chem. Educ.* **72**, 114, 1994
 [6] R.C. Rocha-Filho, A proposition about the quantity of which Mole is the SI unit. *J. Chem. Educ.*, **67**, 139, 1990
 [7] G. S. Kell, Let n be the psammetry.

Nature, **267**, 665, 1997

- [8] R. G. Forbes, Amount of substance: an alternative proposal. *Phys. Educ.*, **13**, 269, 1978
 [9] T. P. Kohman, Molar and Equivalent Amounts and Concentrations. *J. Chem. Educ.*, **64**, 246, 1987
 [10] M. Bernard, Quantité de matière et notions connexes. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 600, 497, 1978
 [11] W. Kieffer, *Il concetto di mole in chimica*. Progresso tecnico Editoriale, Milano, 1964
 [12] E. Boyko, J. Bellivan, Surface tension and Avogadro's number. *J. Chem. Educ.*, **63**, 671, 1986
 [13] H. Kruglak, Brownian movement and Avogadro's number. *J. Chem. Educ.* **65**, 732, 1988
 [14] T. Szell, An approximate determination of Avogadro's constant. *J. Chem. Educ.* **57**, 735, 1980
 [15] J. R. Staver, A. T. Lumpe, Two investigations of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving. *J. Res. Sci. Teach.*, **32**, 177, 1995
 [16] F. Turco, L. Cerruti, Osservazioni sulla quantità di sostanza e sulla mole II. Breve storia di una grandezza fondamentale. *CnS*, **XXIV**, 147, 2003
 [17] H. Bent, Should the mole concept be X-rated?. *J. Chem. Educ.*, **62**, 59, 1985
 [18] G. Gorin, Should We "Teach The Mole"?. *J. Chem. Educ.*, **62**, 192, 1985
 [19] D. Gabel, R. Sherwood, L. Enochs, Problem solving skill of high-school chemistry students. *J. Res. Sci. Teach.*, **21**, 221, 1984
 [20] H. Strömdahl, A. Tullberg, L. Lybech, The qualitatively different conceptions of 1 mol. *Int. J. Sci. Educ.*, **16**, 17, 1994
 [21] A. Tullberg, H. Strömdahl, L. Lybech, Students' conceptions of 1 mol and educators' conceptions of how they teach the mole. *Int. J. Sci. Educ.* **16**, 145, 1994
 [22] L. Cerruti, *La mole. Uno studio sulla epistemologia regionale dei chimici*. Monografia n. 17. Torino, Istituto di Metrologia, 1984.
 [23] C. Cattadori, A. Serafini, Molecole, moli e ... pastine. *CnS*, **XXII**, 169, 2000

Atomi e Molecole alla Scuola Elementare

Riassunto

Oggi è impossibile affrontare l'insegnamento della chimica, a qualsiasi livello scolastico, senza parlare di atomi e molecole; tali termini, infatti, sono usati così comunemente da essere diventati parte integrante del nostro linguaggio quotidiano. Per introdurre questi concetti in maniera semplice si può sfruttare il confronto fra la chimica e il linguaggio in base al quale gli atomi sono paragonati alle lettere, la Tavola Periodica all'alfabeto e le molecole alle parole. Come nel linguaggio le parole sono le più piccole entità ad avere significato, così in chimica le molecole sono le più piccole entità della materia ad avere una ben precisa forma, una determinata dimensione e specifiche proprietà. Come le parole sono il punto di partenza per costruire frasi ed esprimere concetti, così le molecole sono le entità fondamentali utilizzate per costruire tutto ciò che è in noi ed attorno a noi. Le molecole sono, in definitiva, le parole con le quali è scritto il grande libro della Natura.

Abstract

Nowadays it is impossible to teach chemistry at every school level without introducing the concepts of atom and molecule. In the last few years these terms are indeed used very frequently and by now they belong to our every day language. A convenient method to explain the basic principles of chemistry is the one which employs the parallelism between language and chemistry. Atoms are the letters of chemistry, and the periodic table is the chemistry alphabet. A combination of letters according to the rules of language forms a word, a combination of atoms according to Nature's laws forms a molecule. Atoms, like letters, are indispensable, but they do not have much meaning by themselves. As in a

MARGHERITA VENTURI (*)

language words are the smallest units with a meaning, in chemistry molecules are the smallest entities that have a meaning: they are indeed the smallest entities of matter that have distinct shapes, sizes and properties. As words are used to construct sentences, molecules are used to write the book of Nature.

Questa breve nota, che scrivo su gentile richiesta del Prof. Paolo Mirone, raccoglie in maniera semplice e senza nessuna pretesa alcune considerazioni personali; è, per così dire, il racconto di una entusiasmante esperienza che io, attempata docente universitaria e da sempre abituata a trattare con ragazzi maggiorenni, ho fatto nell'ambito della scuola elementare. Sono stata, infatti, invitata presso alcune classi quinte per parlare di chimica e in particolare, per espressa richiesta degli alunni, di atomi e di molecole. So bene che l'argomento affrontato in questa nota solleverà la perplessità di molti docenti preoccupati del fatto che concetti così delicati, come quelli di atomo e molecola, non possono essere trasmessi con la dovuta rigurosità scientifica a bambini che frequentano la scuola elementare. Se da una parte posso condividere questi timori, dall'altra penso che oggi non sia più possibile affrontare l'insegnamento della chimica, anche ai livelli più bassi, senza parlare di atomi e molecole, termini che sono ormai entrati nel linguaggio comune. I bambini li vedono scritti, li sentono usare e, quindi, è importante che abbiano gli strumenti per associare a questi nomi un "concetto scientifico" anche se molto semplificato.

Come ho accennato sopra, sono stati gli stessi bambini che, appena entrata in aula, mi hanno chiesto di cominciare la "lezione" dagli atomi e dalle molecole; era come se nelle loro piccole menti, inconsciamente o consciamente non so dire, ci fosse chiara l'idea che

per capire la chimica è necessario partire da queste entità: un processo di astrazione veramente stupefacente che non mi sarei mai aspettata da parte di bambini di quell'età! Il mio piccolo pubblico era, dunque, pronto per seguire l'approccio chimico all'interpretazione della realtà materiale, che parte dal mondo microscopico degli atomi e delle molecole per arrivare al mondo macroscopico che ci circonda e che tocchiamo con mano.[1]

Sono più di dieci anni che lavoro a stretto contatto con il Prof. Vincenzo Balzani, scienziato e insegnante eccezionale, e da lui, fra le tantissime altre cose, ho imparato che un tale approccio può essere convenientemente spiegato sfruttando il confronto fra la chimica e il linguaggio;[2] ho utilizzato, quindi, questo metodo ed i risultati che ho ottenuto hanno superato ogni mia aspettativa.

La Chimica e il Linguaggio

Gli elementi di base del linguaggio che usiamo per comunicare sono le **lettere**: nella lingua italiana queste lettere, ciascuna rappresentata da un simbolo (**a**, **b**, **c**, ecc.) sono 21 (Figura 1). Analogamente, i pezzi di partenza del linguaggio chimico sono le **specie atomiche elementari**: in natura esistono circa un centinaio di specie atomiche, ciascuna delle quali è identificata da un simbolo (**H**, **O**, **C**, ecc.). Come le lettere vengono raccolte nell'**alfabeto** così le specie atomiche sono ordinate nella **Tavola Periodica** che rappresenta, quindi, l'alfabeto della chimica. Da quanto ho potuto notare nel corso della mia esperienza, i bambini sono estremamente ansiosi di sapere come sono fatti gli atomi; fra l'altro la maggior parte di loro conosce i termini protone, neutrone ed elettrone. Per soddisfare questa legittima curiosità si può allora far riferimento al semplice modello "planetario", limitandosi a dire che i protoni (carichi positivamente) ed i neutroni (particelle neutre) sono concentrati in uno spazio piccolissimo, detto nucleo, attorno al quale ruotano, molto distanti, gli elettroni (carichi ne-

(*) Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Università di Bologna
Via Selmi, 2 - 40126 Bologna;
e-mail: mventuri@ciam.inibo.it

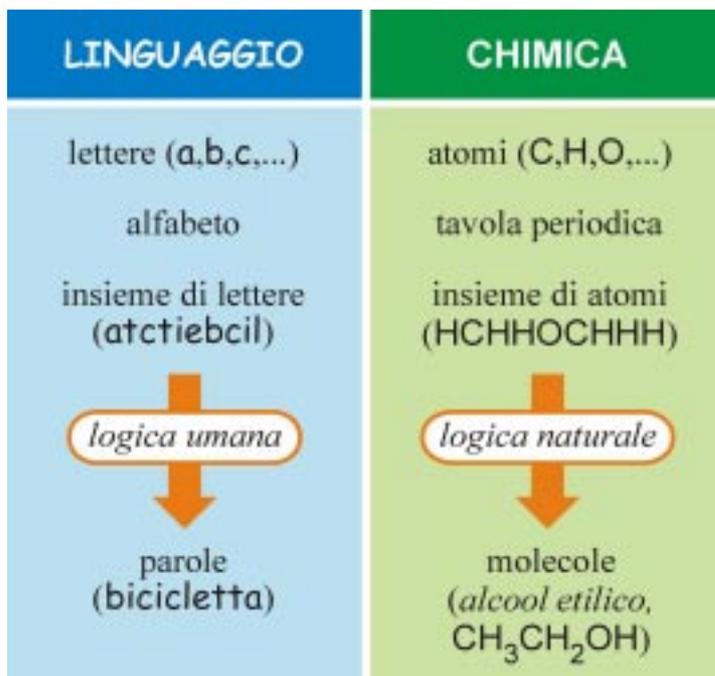


Figura 1

gativamente); si può aggiungere che negli atomi il numero dei protoni è uguale a quello degli elettroni e che le varie specie atomiche differiscono proprio per questo numero, cioè ogni specie atomica è caratterizzata da un ben preciso numero di protoni ed elettroni. Ritornando al confronto lettere-atomi, è importante a questo punto far emergere un altro concetto. Le lettere dell'alfabeto, prese da sole, non sono sufficienti per comunicare; per ottenere questo scopo, infatti, le lettere vengono scelte e unite, secondo un ordine stabilito dall'uomo, per creare le **parole**, a ciascuna delle quali è associato un ben preciso significato, una specie di "valore aggiunto" che le parole hanno rispetto all'insieme delle singole lettere che le compongono. La stessa cosa accade in chimica: gli atomi, separati gli uni dagli altri, non sono in grado di costruire il mondo e allora si uniscono, seguendo una logica che in questo caso è imposta dalla natura, per dare le **molecole**, ciascuna delle quali ha specifiche proprietà e un'identità ben precisa. Tali caratteristiche rappresentano il "valore aggiunto" che la molecola ha rispetto all'insieme dei singoli atomi componenti, paragonabile al significato che attribuiamo ad ogni parola. Come le parole sono il punto di partenza per costruire frasi ed esprimere concetti, così le molecole sono le entità fondamentali utilizzate per costruire tutto ciò che è in noi ed attorno a noi. Le molecole sono, in definitiva, le parole

con le quali è scritto il grande libro della natura.

Il primo problema che ora si pone è quello di spiegare perché gli atomi si uniscono, cioè danno legami chimici, e quale è la logica che la natura segue per formare le molecole. Un metodo semplice, ma efficace, è quello di rappresentare gli atomi come palline con uncini, il cui numero è, in qualche modo, legato al numero e al modo di disporsi degli elettroni attorno al nucleo: ogni specie atomica ha, pertanto, un numero ben definito di uncini. La logica che spinge gli atomi ad unirsi

per dare le molecole è quella di accoppiare tutti, o il maggior numero possibile, dei loro uncini. Rappresentando, quindi, gli atomi di idrogeno, di ossigeno e di carbonio con palline dotate rispettivamente di uno, due e quattro uncini (Figura 2a), i bambini arrivano senza problemi a capire che quando si mescolano atomi di idrogeno e ossigeno si forma un aggregato di tre atomi, due di idrogeno e uno di ossigeno (Figura 2b), mentre nel caso di carbonio e idrogeno la combinazione che si ottiene è rappresentata da un aggregato di cinque atomi, quattro di idrogeno e uno di carbonio (Figura 2c). Inconsciamente i bambini arrivano anche ad intuire la formazione dei doppi legami, perché alla richiesta di individuare il tipo di molecola che si ottiene mescolando carbonio e ossigeno la risposta è stata immediata e unanime: l'atomo di carbonio si combina con due atomi di ossigeno con ciascuno dei quali sistema due dei suoi quattro uncini (Figura 2d).

Ritornando al confronto chimica-linguaggio e continuando l'analogia fra le parole e le molecole, è facile mettere in evidenza che, come esistono parole corte e parole lunghe, così esistono molecole formate da pochi atomi e molecole formate da moltissimi atomi. Per dimostrare, poi, quanto la natura sia più brava dell'uomo a creare le sue specie, si può chiedere ai bambini di contare le lettere contenute nella parola italiana più lunga, precipitevolissimamente (26 lettere), e di confrontare questo numero con quello degli atomi contenuti nelle molecole di sostanze a loro ben note.

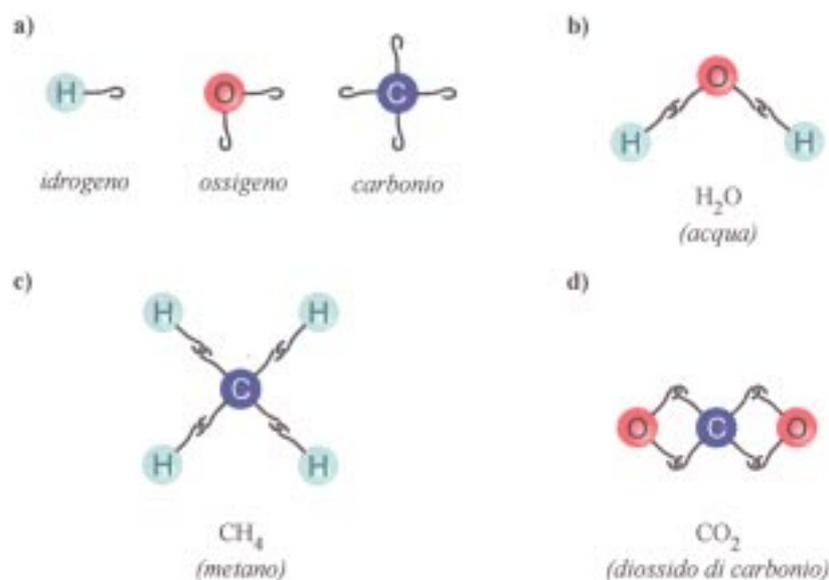


Figura 2 (a, b, c, d)

Ad esempio, la molecola del saccarosio, il comune zucchero da tavola, è formata da 46 atomi, un numero circa doppio di quello delle lettere costituenti la parola più lunga; questa differenza diventa ancora più evidente se si prendono in considerazione le molecole biologiche come, ad esempio, l'emoglobina, a cui si deve il colore rosso del sangue, che è formata da ben 9072 atomi.

L'analogia fra parole e molecole può essere spinta più oltre e può essere sfruttata per spiegare come ogni molecola sia identificata non solo dal numero e tipo di atomi che la compongono, ma anche dal modo in cui questi atomi sono legati nella molecola. Partendo dal linguaggio e prendendo, ad esempio, le quattro lettere **a, o, n, s**, ogni bambino è in grado di dire che, a seconda del modo con cui esse vengono ordinate, si ottengono due parole, **naso** e **sano**, con significati completamente diversi. È facile, a questo punto, trasferire lo stesso concetto in campo chimico, facendo vedere, ad esempio, che partendo da *sei atomi di idrogeno, due di carbonio e uno di ossigeno*, si possono costruire due molecole, **CH₃CH₂OH** e **CH₃OCH₃**, con proprietà completamente diverse: la prima, infatti, identifica l'alcool contenuto nel vino, mentre la seconda è una sostanza che veniva usata fino a non molto tempo fa come anestetico.

Un altro aspetto che deve essere necessariamente affrontato quando si parla di atomi e molecole è quello che riguarda le loro dimensioni. Non è sufficiente dire ai bambini che questi "oggetti" sono molto piccoli, dieci miliardi di volte più piccoli degli oggetti che ci circondano nella vita di tutti i giorni. Per far capire realmente quanto sono piccole le molecole e, a maggior ragione, gli atomi che le compongono, occorre rifarsi a qualcosa che i bambini conoscono; si può, ad esempio, dire che in una gocciolina d'acqua ci sono così tante molecole che,

se le potessimo distribuire fra tutti gli uomini della Terra, ciascuno ne avrebbe 200 miliardi; oppure che, se le contassimo al ritmo di una al secondo, impiegheremmo 32.000 miliardi di anni per contarle tutte.

L'esempio della gocciolina d'acqua serve anche per sottolineare due altri punti estremamente importanti e cioè che gli atomi e le molecole sono così piccoli che, presi singolarmente, non possono essere né visti, né toccati, né misurati, né pesati e che tutto ciò che ci circonda è fatto da un numero enorme di atomi e molecole.

Qualche Riflessione Conclusiva

La descrizione sopra riportata è necessariamente e volutamente incompleta; molti sono, infatti, i problemi lasciati aperti o non affrontati; questo fatto, però, invece di costituire una limitazione, rappresenta un aspetto positivo perché serve per stimolare la fantasia e la curiosità dei bambini che, dopo aver elaborato queste prime nozioni, sono spinti a saperne di più. Le domande qui di seguito riportate, che gli alunni delle scuole elementari presso cui sono andata mi hanno posto sull'argomento utilizzando la posta elettronica, ne sono la chiara dimostrazione.

- *Cosa c'è fra il nucleo e gli elettroni?*
- *La bomba atomica si fabbrica con gli elettroni, i protoni ed i neutroni?*
- *Gli elettroni degli atomi hanno qualcosa a che fare con l'elettricità?*
- *Abbiamo letto che alcuni elementi sono stati preparati in laboratorio e non esistono in natura, allora il numero degli elementi può aumentare ancora?*
- *Come fanno i chimici a conoscere tanto bene le molecole se sono così piccole da non poter essere viste?*

Tutte le domande dimostrano un acume ed un'intelligenza notevoli e necessitano di una risposta non ovvia; quella, però, che mi ha maggiormente im-

barazzato è stata la prima, perché i miei piccoli interlocutori non si sono accontentati della risposta "non c'è niente" e ho dovuto sudare parecchio per riuscire a trovare una spiegazione che li soddisfacesse; la mancanza assoluta di qualcosa è, in effetti, un concetto difficilissimo da trasferire.

Vorrei concludere riportando un'ultima domanda che mi è stata fatta da una bambina e che è decisamente su un altro livello rispetto alle altre:

· *Se tutto è fatto di atomi e molecole come mai ci sono cose che non sono vive e altre che sono vive? Come mai io penso e un sasso non pensa?*

Con la sua candida semplicità questa bambina sta riflettendo su problemi di estrema complessità e profondità; si sta, cioè, chiedendo quale sia la vera essenza della vita e se domande di questo tipo possono trovare la loro giusta risposta in ambito scientifico.

Per approfondire l'argomento

- [1] M. Venturi e V. Balzani, "La Chimica dall'atomo all'uomo", in *3^a Giornata di Chimica, Accademia Nazionale dei Lincei, Fondazione "Guido Donegani"*, Vol. 30, edito dalla Accademia Nazionale dei Lincei: Roma; p. 27 (2003).
- [2] V. Balzani e M. Venturi, "Chimica", *Collana Professione Docente, Editrice La Scuola, Brescia, marzo 2000.*

Ringraziamenti

Desidero ringraziare le signore Patrizia Ricci e Eva Casadei, rispettivamente maestre presso la Scuola Elementare di Rocca San Casciano e la Edmondo De Amicis di Forlì, per avermi dato la possibilità di fare questa splendida esperienza. Vorrei anche congratularmi con loro per l'ottimo lavoro educativo, non solo limitato al campo scientifico, che stanno svolgendo. Ringrazio inoltre il collega ed amico Dott. Alberto Credi per i suoi utili suggerimenti e la realizzazione delle figure contenute in questa nota.

Storie di conoscenza e di emozioni con la Chimica ovvero: le autobiografie cognitive degli insegnanti

MARIA VEZZOLI (*)

Quando si fa formazione bisogna sempre chiedersi: quanti universi, quanti mondi cognitivi, quante storie di vita mentale ci sono dietro chi apprende? La proposta autobiografica è un'ipotesi di didattica dell'intelligenza, un percorso per scoprire la dimensione invisibile dei processi mentali.

C'è un'intelligenza invidiabile nei ragazzi, che si differenzia in intelligenza di gruppo, di lavoro, di amore etc. Ritrovare i processi cognitivi dei ragazzi significa rispettarne i contenuti. E' importante essere guidati nelle escursioni autobiografiche da una scienza didattica, per capire cosa muove il processo intellettuale più profondo: bisogna avvicinarsi con cautela, nel rispetto dei mondi degli altri.

Duccio Demetrio
comunicazione 1998

PROLOGO

La didattica autobiografica mette al centro del lavoro di insegnamento/apprendimento i processi cognitivi. Essa si basa sul far richiamare alla memoria di ciascuno le proprie storie di vita, di pensiero, di apprendimento, utilizzando opportune e specifiche strategie, per promuovere l'attitudine, da parte degli allievi (e anche degli insegnanti) a mettere a fuoco i "come" della mente.

Nella scuola italiana questo tipo di didattica si è affacciato da tempo, e vi sono docenti che, adeguatamente formati, portano avanti strategie che al "metodo autobiografico" si richiamano. Sono strategie che richiedono competenza, capacità di ascolto, delicatezza nel domandare. Opportunamente applicate, danno buoni risultati sia dal punto di vista relazionale sia dal punto di vista degli apprendimenti. Attivano infatti processi di metacognizione, favorendo negli allievi capacità di autovalutazione, recupero di autostima, riconoscimento dei propri stili di apprendimento, dei propri limiti e potenzialità, e persino di saperi "loro" di cui spesso non hanno consapevolezza.

E gli insegnanti...? La consuetudine alla riflessione autobiografica non è meno importante che per gli allievi.

L'esperienza di chi scrive e del suo gruppo di lavoro insegna che una riflessione autobiografica sincera e, almeno in fase di progettazione didattica, condivisa con i colleghi, è tra quanto di più utile si possa trovare per costruire percorsi di apprendimento validi ed efficaci.

Abbiamo raccolto tra circa duecento insegnanti di discipline diverse, di scuole diverse e di diverse regioni italiane, storie di conoscenza e di emozioni con la chimica. E' una sorta di autobiografia cognitiva di tanti adulti, legati al mondo della scuola.

Ci sembra cosa utile che un insegnante di Scienze e Chimica rifletta su queste battute, dette e scritte a caldo, e per nulla "messe a posto".

Ne riporto alcune, raccogliendo problemi ricorrenti e "consigli" sul cosa fare o non fare quando si insegna chimica.

La pratica autobiografica diventa in questo modo una sorta di esame di coscienza e insieme di guida didattica, utile per pensare sia come riproporre la chimica, rendendone più attraente il sapere, sia come riproporsi come insegnanti, conferendo consapevolezza e intenzionalità al proprio agire.

LE AUTOBIOGRAFIE

□ Luciano, insegnante di lettere

La mia storia è quasi uguale a zero: pochi studi, fatti al liceo classico, ma sentivo già che non era la mia materia. L'insegnante era rigido, schematico nelle sue cose e dava per scontato il possesso di molti prerequisiti che noi non avevamo. Era scontato che delle formule capissimo tutto e subito; una chimica di formule con l'utilizzo di un testo parecchio ostico per noi.

□ Carlo, insegnante di lettere

Il ricordo dell'approccio liceale risulta piuttosto confusionario. I termini di valenza? erano poco chiari, il lavoro sui

numero quantici divertente ma complicato, il tutto confinato nella pura teoria e astrazione. Sembrava che la chimica fosse un'arte di inventare formule sulla carta.

□ Anna V., laurea in matematica, insegnante di matematica applicata

La mia storia è che di chimica non so niente. All'inizio mi piaceva: al liceo scientifico avevamo un'ottima insegnante di scienze, che però all'alba della quarta liceo andò in maternità. E' arrivata una supplente magrissima, ansiosa, che chiamavamo "scalmané". Non sapeva quasi niente, ci faceva studiare quattro formule, ma non spiegava.

□ Renza, architetto, insegnante di disegno tecnico

L'impatto, in 4° liceo scientifico, è stato shockante. La disciplina sembrava talmente "slegata" e "diversa" dalle altre. Mi sono sentita "disarmata". Ricordo di aver espresso questa espressione negativa a una mia compagna e di essermi accorta che il prof. era alle mie spalle... Poi, penso grazie al metodo dell'insegnante, pur nella difficoltà, la materia mi ha preso.

□ Laura, insegnante di disegno e storia dell'arte

...solo formule da sognare nelle notti calde...

□ Daniele, ingegnere, insegnante di costruzioni; prima insegnava fisica

Il mio rapporto con la chimica? osce-no! L'ho sempre detestata. Mi sembra-

va una cosa fredda. L'insegnante? Non c'era: una brava donna, ma ci faceva fare l'erbario invece della chimica. Durante le ore di chimica dormivo o facevo casino.

□ **Donatella, insegnante di lettere**

Niente. Nemmeno il nome del professore: era molto vecchio e senz'altro arteriosclerotico. Erano gli anni di Cochi e Renato, del "bravo...7+!"... Di chimica e delle interrogazioni di chimica non mi ricordo assolutamente nulla. L'unica interrogazione di tutto il liceo classico che mi è rimasta impressa riguardava i delfini...

□ **Anna R., laurea in pedagogia, insegnante elementare poi direttrice didattica**

La chimica non ricordo neanche cos'è, mi sembra che si riferisca a qualcosa di organico e di inorganico. Ho avuto alle scuole superiori una simpatica insegnante toscana che ho imitato in uno spettacolo teatrale a carnevale

□ **Carmela, lettere**

Affascinante e seducente droghiera di strane ed incomprensibili misture, lei, la Signora Chimica, la ricordo ancora: vagamente nei caratteri, sfocata nelle combinazioni, evanescente nelle formule magiche...!

Eppure...assaporo le seduzioni delle sue incredibili metamorfosi!

□ **Luigi, maestro**

La chimica come fascino e stupore. Avevo la possibilità di trasformare le cose, creare una cosa nuova... come in cucina. Volevo studiarla. Ho amato la chimica organica. Mi sono diplomato in chimica poi... ho fatto il maestro.

□ **Maria Luisa, insegnante di filosofia (anche storia e lettere)**

Perché quando ero proprio piccola ho desiderato "Il piccolo chimico"? Per i colori delle polverine...la forma dell'alambicco...il mistero della trasformazione... A scuola mi è piaciuto questo altro miracolo della congruenza matematica delle valenze, e poi mi è piaciuto conoscere il retroscena degli oggetti. Praticamente abbiamo "saltato" la chimica organica (che rappresentava comunque 80 pagine), e in 3° liceo ho cambiato idea – con qualche nostalgia – rinunciato a iscrivermi a chimica industriale. Perché poi volevo iscrivermi.. forse per una sfida: la consideravo una facoltà difficile.

□ **Giorgio, laurea in economia e commercio, insegnante di economia aziendale**

Da piccolo volevo fare il chimico, mi avevano comperato il piccolo chimico, ero andato da solo in farmacia a comperare l'acido solforico, suscitando le ire, lo stupore e l' indignazione del farmacista, che conosceva i miei genitori. In seconda ragioneria ho conosciuto la chimica: è stata una cosa anche bella. Sono belli lo studio della composizione della materia, affascinante lo studio dei legami, costruire le formule. Un giorno, facendo il bagno, mi era caduto un po' di borotalco sulla schiuma, e avevo chiesto spiegazioni di quanto era avvenuto all'insegnante, che ci aveva fatto fare qualche ora di studio e approfondimento, ripetendo l'esperienza a scuola. La cosa bella erano gli esperimenti in laboratorio. Più noiosa la merceologia. Adesso tre cose: "da profano ignorante": un primo approccio è prudente, perché la chimica viene collegata all'inquinamento, al danno, all'impatto ambientale; da un altro lato c'è la consapevolezza del potere economico enorme di chi gestisce queste risorse: per esempio le biotecnologie, mi colpisce e mi infastidisce anche un po'; il terzo passaggio: la chimica è la scoperta di un mondo affascinante, di che cosa sono fatte le cose e dello scoprire la testa dell'uomo applicata alla risoluzione di problemi concreti attraverso questi strumenti.

□ **Pierino, insegnante di lettere**

Mi sarebbe piaciuto studiarla, ma me l'hanno insegnata malissimo: i rapporti tra gli elementi erano caratterizzati da un'alchimia oscura di valenze e di rapporti, senza la spiegazione dei meccanismi che determinavano questi rapporti, mentre interessante era l'analisi della struttura dell'atomo, delle sue caratteristiche. Invece ho fatto molto bene scienze, mi hanno fatto capire i meccanismi del corpo umano, la complessità delle strutture: era lo stesso insegnante. Bisognerebbe fare la chimica in laboratorio.

□ **Marianna, insegnante di lettere classiche**

Un travaglio ed un'esaltazione, uno sforzo ed un successo, un fortissimo desiderio di sopprimere quella gelida insegnante bigotta ed esigente ed un senso di soddisfazione per la padronanza raggiunta... Ciò che mi è rimasto? Il conforto di sapere che tutto ha un ordine, e che le reazioni sono prevedibili...

□ **Giuseppe, insegnante di matematica e fisica**

Mi affascinava: le formule, brevi rappresentazioni simboliche, condensavano un mondo misterioso, del quale solo gli effetti erano visibili. Giocare con le formule era come viaggiare in quel mondo. Purtroppo tutta la chimica di quell'anno non è riuscita a consolare la prima delusione d'amore.

□ **Elisabetta, insegnante di lettere**

La passione alchemica non era evidentemente tracciata nel mio DNA.

5° elementare, 1972: la maestra disegna un modello di atomo e dice che è così piccolo che neanche il microscopio più potente può rilevarlo. E io: come facciamo a sapere che è fatto proprio così? Nuclei, ioni, molecole, legami covalenti, ossidril...e ancora reazioni, *redux (testuale)*...nella scuola superiore la chimica inorganica mi ha fatto divertire: la capivo, la dominavo! La chimica organica, invece, mi ha fatto disperare...perché non era così semplice? Mi sfuggiva.

La mia scommessa sulla biochimica poteva rivelarsi vincente... ma poi ho scelto il latino: altre reazioni, altri legami...un'altra "chimica".

□ **Michele, laurea in ingegneria chimica**

.. l' ho incontrata al 2° anno di scuola media superiore ed è stato un amore a ... prima tabella periodica degli elementi ... Straordinario!! ... una semplice tabella conteneva tutti gli elementi per costruire la ... VITA ... con 'annessi' e 'connessi'. I laboratori e gli studi successivi consolidavano questo amore mentre la scelta universitaria, in apparente contraddizione con il titolo conseguito, mi ha allontanato. Le scelte professionali, fatte successivamente, mi hanno allontanato ancor di più da essa ma ... il primo amore non si scorda mai!

□ **Giovanni, laurea in biologia, insegnante di scienze naturali**

Alle elementari nulla: non ho avuto esperienze di nessun tipo. Alle medie poco, era più la parte di matematica, poi ero in collegio ed era un po' "vis-suta addosso". Al liceo scientifico praticamente abbiamo fatto le basi, a livello teorico, con un vecchio insegnante sacerdote, appassionato di scienze naturali e di animali. All'Università gli esami di chimica me li sono studiati più per dovere che per piacere. L'esame più difficile?... l'esame di chimica organica, con tutto il Morrison da studiare:

La lamentela è proprio che noi abbiamo fatto poco o niente laboratorio. Il mio rapporto con la chimica è sempre un po' conflittuale: mi sono trovato molto bene in un'esperienza di comprensione con un collega di chimica, molto preparato anche sulla parte pratica di laboratorio: mi ha aiutato a togliere alcune castagne dal fuoco, ho visto cose "sentite" all'Università ma mai viste.

□ **Aurelio, laurea in statistica, insegnante di matematica applicata**

Ho avuto un rapporto piuttosto negativo: di chimica ho fatto qualcosa alle superiori, è una materia molto interessante; negativa è la mancanza di attività di laboratorio: rimani deluso, hai una cosa da scoprire, da fare, da vivere direttamente e invece rimane soltanto l'esempio del testo.

□ **Roberto, laurea in scienze naturali, insegnante di matematica e scienze**

Scuola elementare e media: inesistente. Scuola superiore: mistero, alchimia, una cosa da topi di laboratorio, non si capiva niente (le figure sui libri con gli atomi umanizzati, che formano le molecole stringendosi la mano).

All' università (scienze naturali) un mondo si apre: la struttura dell'atomo, gli orbitali...le cose assumono un senso, i legami si capiscono, la chimica comincia a spiegarsi...

Ma a livello emotivo rimane l'impressione di una roba da topi di laboratorio, che cercano di capire razionalmente la materia e non riescono a coglierne, trasmetterne la BELLEZZA.

□ **Franca, insegnante di inglese**

...qualità organolettiche, processi di fermentazione (tutti i liquori); sintesi clorofilliana delle foglie di tabacco. Gli zuccheri e le proteine...

□ **Vera, insegnante di storia e filosofia**

L'insegnante era interessata all'uovo sbattuto per i suoi gemellini. Mi piaceva pasticciare in laboratorio o con le formule. Oggi il mio laboratorio è la mia cucina.

□ **Rondine, insegnante di lettere**

L'insegnante la conoscevamo già, era minuta, elegante, rassicurante, l'impatto con la chimica non sarebbe stato ansiogeno perché "lei" era con noi. Le formule, le equazioni, pur nella loro apparente aridità, si vestivano, magi-

camente, durante la spiegazione, di profumi, sapori, immagini, diventavano cioè – o meglio- ridiventavano, cibi, alimenti, fiori. Ricordo alcune formule, ho scordato le equazioni, ho sempre presente un sembiante dolce, due mani piccole, affusolate, ingioiellate con gusto, un timido sorriso.

□ **Franco, laureato in biologia, insegnante di scienze naturali**

Il resto

- La mamma sterilizzava la conserva.
- Davanti a casa mia i muratori usavano il cemento
- Con un compagno avevo intrapreso una gara per vedere chi trovava più cose
- Tra i compagni si parlava di musica stereofonica e di luci psichedeliche

io

- Volevo fare i profumiMettevo i fiori nell'acqua per estrarne il profumo poi sterilizzavo tutto per conservarlo
- Ho fatto un vulcano di cemento
- Ho utilizzato diverse enciclopedie: confrontandole avevo capito e poi spiegato come funzionano i frigoriferi
- Volevo costruirmi in casa una specie di impianto HF con materiale di recupero Smontavo radio, lampadine, dinamo; cercavo di capire che cosa significassero termini quali volt, watt, ohm...

la scuola

Facevamo uscite a raccogliere i fioriLa maestra parlava delle api e di come queste si nutrano col nettare dei fiori

- A scuola dovevamo studiare i vulcani e la maestra parlava di un possibile risveglio del Vesuvio
- A scuola si studiava la temperatura La prof. aveva chiesto di fare una ricerca sui frigoriferi
- La mia insegnante stava spiegando il modello atomico partendo dalle scarchie nei gas rarefatti; comparivano nella mia vita gli elettroni

□ **Erica, lettere per Eda (Educazione degli Adulti), Sirio**

La mia storia personale della Chimica è correlata ad un'esperienza positiva. Poiché la materia mi piaceva , ma non avevo un voto sufficiente in quanto non erano chiare le spiegazioni della mia insegnante del Liceo (ho frequentato il Classico) , ho convinto una delle mie amiche più brave a ripetere con me la materia nel secondo quadrimestre e così mi sono preparata ad un 'interrogazione generale per evitare di essere rimandata nella disciplina che mi piaceva ma non riuscivo a capire né a studiare da sola. L'insegnante del Liceo insegnava biologia, Chimica ecc.

Così lo studio della Chimica del Secondo Liceo è legato a questa bellissima esperienza di amicizia.

Ora che insegno in un corso per Adulti , seguo talvolta le spiegazioni di altri insegnanti perché faccio il tutoraggio agli studenti in difficoltà e dei docenti giovani per guidarli nella didattica modulare, alcune volte se arrivo prima del mio orario di lezione seguo le spiegazioni dei docenti più giovani che vogliono essere aiutati a strutturare la programmazione modulare . Così quest'anno scolastico ho seguito con molto interesse le lezioni delle colleghe di Chimica che erano alle prime esperienze di insegnamento e non conoscevano l'insegnamento modulare .

Nella mia scuola c'è la compresenza (docente titolare , docente di laboratorio e tecnico) per cui l'interazione pedagogica è stata utile sia agli studenti sia a noi docenti che siamo stati motivati a lavorare in un clima sereno e proficuo .

□ **Fulvia, laurea in biologia, insegnante di scienze naturali**

... Mi viene in mente la mia anziana maestra delle scuole elementari, l'ineffabile Adalgisa B. che, a parte la consueta esperienza del seme di fagiolo messo a germogliare sulla bambagia bagnata in un vasetto di vetro della conserva, era agnostica rispetto alle scienze, per non parlare poi della chimica: ma l'avrà mai studiata? Siamo nei primi anni '60 a Milano: un universo completamente diverso da quello delle attuali scuole elementari. Le classi erano rigorosamente maschili o femminili; maschietti e femminucce entravano da ingressi separati nella scuola, un edificio severo, tetro, dai soffitti altissimi: La scuola media l'ho frequentata in Sicilia: la Sicilia mi è rimasta nel cuore: La prof.di scienze, un po' vecchia, era laureata in matematica: Avete presente come era una prof di matematica nell'immaginario collettivo di alcuni anni fa?Ecco, lei era proprio così, e inoltre non aveva nessuna passione per le scienze, tanto che io la odiavo a morte: Black out fino alla prima liceo classico, quando la prof. N., capitata per caso sul mio cammino mi ha trasmesso entusiasmo e passione per la chimica prima e per la biologia poi: anche se poco dopo è andata in maternità, la scintilla era scoccata: proprio in quel periodo infatti ho deciso di iscrivermi o a chimica o a scienze biologiche: Poi ho lasciato perdere chimica, perché ho scoperto che c'era troppa

matematica e poi che lavoro avrei potuto intraprendere? Sarà un luogo comune, ma nell'industria non c'era molto spazio per una donna, allora. All'insegnamento non avevo ancora pensato.

□ *Marta, insegnante di scienze naturali*

Mi piaceva il professore bello e giovane, la mia concentrazione era massima, non perdevo una sola parola. Compagni degli anni precedenti descrivevano la chimica difficile, e io ero molto preoccupata... Un bel 4 concluse l'idillio. Oggi insegno la chimica e cerco di renderla accettabile, ma non è detto che ci riesca sempre

RILEGGENDO...

§ Emerge un quadro duplice e antitetico: la chimica appare nebulosa, artificiosa, arida, noiosa, ostica, difficile, astratta... (Luciano, Renza, Carlo...), ma è anche magica, fantastica (Maria Luisa, Giorgio, Franco, Giuseppe, Michele, Roberto, Carmela...), addirittura "da sognare nelle notti calde" (Laura)...

§ La confusione disciplinare impoverisce e svaluta la chimica, che appare una disciplina senza volto, ancella della biologia, come ci rivelano l'erbario di Daniele e i delfini di Donatella. Per non parlare del "cos'è" di Anna R.

Eppure i suoi legami con le altre discipline ne facilitano la comprensione (Pierino, Michele, Rondine, Fulvia, Franco...)

§ C'è anche chi sottolinea il fascino e la valenza formativa di un concetto fondante della chimica: quello di trasformazione, con tutto il suo carico di dinamicità e anche di mistero (Carmela, Luigi, Maria Luisa, Franco...)

§ Il laboratorio appare come croce e delizia. Spesso non c'è, e la sua assenza risveglia una nostalgia del "fare", rara avis nella scuola (Pierino, Giovanni, Aurelio, Roberto...). E qualcuno se lo inventa, il fare, facendo i profumi, come Franco, o con il "Piccolo Chimico" come Giorgio e Maria Luisa, o, ancora come Giorgio, con pericolose richieste al farmacista.

§ La relazione tra modello ed esperienza emerge con tutta la sua forza e valenza formativa (Michele, Giorgio), non esente tuttavia da rischi che vanno dall'incomprensione, soprattutto quando modelli complessi vengano proposti troppo precocemente (Roberto, Elisabetta), al legarsi troppo al modello lasciando in secondo piano la realtà

Novembre - Dicembre 2003

(Marianna, Elisabetta)

§ Innegabile è la forza della quotidianità, e della scuola che ne fa tesoro, per rendere accetta la chimica, facendola uscire dall'eccesso di astrazione, e per farne radicare le conoscenze (Franca, Vera, Rondine, Giorgio, Franco)

§ Assai diffuse sono le segnalazioni e, spesso, le sottolineature dell'importanza della relazione con l'insegnante, dalla prof.N. di Fulvia, che parlando di chimica ci fa un quadro suggestivo e ricco della scuola di qualche decennio fa, alla povera "scalmané" di Anna V., dalla "gelida" prof. di Elisabetta al "dolce sembrante" dell'insegnante di Rondine, dall' indecifrabile descrizione della "Sìgnora chimica" (la scienza o l'insegnante?) al prof. bello e giovane di Marta... e ancora Daniele, Renza, Anna R., Giovanni...

§ E non dimentichiamo l'efficacia dell'apprendimento cooperativo, che ben risalta dalle parole di Erica, ma anche da quelle di Franco, che gareggia con il compagno a chi trova "più cose".

PERCHÉ? QUALCHE MODESTA RISPOSTA

Un'arte di "inventare formule sulla carta" (Carlo), o la capacità di viaggiare in un mondo affascinante, servendosi anche di formule (Giuseppe, Michele...)?

È una domanda che ci sorge spontanea dopo aver letto queste e altre biografie. Tra i due estremi fa capolino, per fortuna, anche la chimica ricca sì di fascino, ma il fascino di conoscere, interpretare, modellizzare un mondo che apre i suoi segreti. Certo, questa terza via è del tutto minoritaria.

Come mai, malgrado i buoni propositi degli insegnanti e le ricche dichiarazioni d'intenti che si leggono nelle prefazioni dei libri di testo, gli allievi di ieri, come molti di quelli di oggi, hanno avuto il più delle volte esperienze frustranti o addirittura catastrofiche nella loro relazione con la chimica?

Azzardiamo qualche modesta risposta.

La collocazione scolastica

Nella maggior parte delle scuole superiori la chimica è "stipata" in un solo anno di corso, raramente in due, e con un esiguo numero di ore settimanali. Viene a mancare lo spazio per il piacere dell'insegnare/imparare e per le attività più gradevoli della chimica. Le rare esperienze di laboratorio, quando ci sono, diventano esibizioni di magia spicciola.

Messi in ansia dalla presunta prescrit-

tività dei programmi, gli insegnanti non riescono, e spesso non possono, dare alla disciplina un taglio formativo, ma si buttano in un ritmo incalzante di astrazioni teoriche, dimenticando, o ignorando, la natura e la storia della disciplina. Per non parlare dell'aspetto epistemologico, che troppo spesso non ha patria nella cultura liceale e universitaria.

La vox populi

La chimica non gode di buona stampa nel nostro Paese. Nel senso comune "chimico" vuol dire artificioso, dannoso, velenoso. Non si dice forse che pesticidi, diserbanti, plastica, additivi alimentari sono solo roba chimica, da evitare, da cui stare alla larga? L'impatto con una didattica inadeguata rafforza questa visione negativa e porta a prendere ulteriormente le distanze da una disciplina per cui sembra valere il binomio difficile - cattiva.

La didattica

Condizionato dall'impostazione esasperatamente riduzionistica data dall'Università, insicuro nella gestione del laboratorio, per cui non è quasi mai stato preparato, assillato dal pensiero di programmi farraginosi ed enciclopedici, dai confronti con i colleghi (ma tu li hai fatti i numeri quantici, la stechiometria, la legge di..., la costante di...?), dalla scarsa considerazione degli allievi (perché la chimica è per lo più confinata a pochi anni e poche ore e comunque di rado si porta alla maturità), l'insegnante spesso finisce per presentare la chimica come una serie di contenuti astratti e astrusi, che gli allievi stessi subiscono come una sorta di sadica imposizione.

Chi scrive ha frequenti scambi di vedute con giovani laureati che hanno sostenuto uno o più esami di chimica all'università (biologi, geologi, naturalisti, agrari, medici, ingegneri...), che ricordano come "esame di chimica" aride e piatte studiate, interminabili test a risposta multipla e problemi stechiometrici con reazioni tra sostanze di cui ignorano totalmente la natura. Per contro difficilmente sanno dare un nome "chimico" alle sostanze e ai fenomeni che si incontrano nella vita di tutti i giorni.

E ALLORA? QUALCHE MODESTA PROPOSTA

Sarebbe scorretto, e anche un po' presuntuoso, ricavare comandamenti rigidi dalla lettura delle autobiografie: i

precetti didattici vanno comunque contestualizzati e adattati alle diverse realtà scolastiche, in un'ottica di continua e dinamica ricerca, che vede nella raccolta delle autobiografie un atto fondamentale.

Ricerca che mi sento di consigliare a gruppi di insegnanti che vogliono arricchire e migliorare la qualità del loro lavoro, proponendo agli allievi una chimica che superi le diffuse posizioni di rifiuto e ritrovi il senso e la bellezza che le competono.

Vorrei qui solo proporre alcuni consigli che la lettura delle autobiografie mi suggerisce.

☞ Ripensare le proprie proposte di contenuti evidenziando quei concetti che, fondanti per la disciplina, diventano strutturanti per la mente dell'allievo, perché lo aiutano a pensare, in chimica ma anche nelle altre discipline e soprattutto nelle azioni della vita.

Penso al concetto di trasformazione, così spesso emerso nelle storie autobiografiche.

☞ Ricercare e tener sempre presenti le domande, antiche, che hanno fatto nascere la disciplina, domande sui perché delle dinamiche trasformazioni della materia e dell'energia, e sul come farne uso proficuo evitando danni. Humberto Maturana, neurofisiologo e studioso insigne dei processi di conoscenza, dice che "la chimica è un'espansione del cucinare, così come la biologia è un'espansione del colti-

vare la terra, allevare polli e maiali, e la filosofia è un'espansione del rispondere alle domande dei bambini..." (*comunicazione*, 1995). Ciò non per svilire una disciplina, ma per restituirle il suo senso primario di risposta a categorie di problemi di straordinaria importanza per l'umanità (Franco, Franca, Vera, Rondine, Luigi, Giorgio...).

☞ Far emergere, oltre allo straordinario valore propedeutico, anche le peculiarità della chimica, scienza dotata di autonomia, di un "volto suo" (Daniele, Donatella...)

☞ Usare le potenzialità formative che scaturiscono dal "ponte", straordinariamente bello ed efficace nella chimica, tra realtà esperienziale e modello teorico. Penso a Franco e alla sua singolare autobiografia che narra la costruzione di un ricco sapere nella..."reazione" tra interessi personali, scuola e ambiente extrascolastico

E qui un'attenzione: si coglie questa bellezza solo se i modelli sono, per così dire, adatti all'età: modelli troppo complessi, che alla fine delle superiori o all'università catturano e affascinano, se proposti troppo precocemente, alle elementari o alle medie, inaridiscono la disciplina. Ricordiamo qui Rondine: le formule e le equazioni che diventano - ridiventano cibi, alimenti, fiori... e ancora Franco...

☞ Essere attenti, nell'entusiasmo per i modelli, a non scivolare troppo nel riduzionismo: è vero che la struttura dell'atomo, gli orbitali... finalmente confe-

riscono un senso, ma non dimentichiamo, oltre la bellezza (Roberto) anche l'utilità di sapere che non è bene mescolare la candeggina con l'acido muriatico.

☞ Fare un uso incisivo, oculato e coerente del laboratorio, trovando il giusto mezzo tra il rifiuto totale, magari "perché non c'è l'aiutante tecnico", e controproducenti esercizi da prestigiatore, . E andando a rileggere "La formazione dello spirito scientifico" di Gaston Bachelard "...dall'osservazione al sistema, si passa come dagli occhi abbagliati agli occhi chiusi..."

☞ Puntare, oltre che sulla relazione insegnante-allievo (Fulvia, Rondine...) sull'apprendimento cooperativo: spesso nel gruppo dei pari si scopre il senso che la lezione dell'insegnante con era riuscita a rivelare (Erica).

☞ Convincersi che la chimica non è difficile: primo gradino perché, anche per i nostri allievi non lo sia.

Ringraziamenti

Grazie per la collaborazione a Anna Zucca, Marina Porta, Marinella Torri, Fulvia Ceccarelli, Franco Marzaroli, a tutti i colleghi del Gruppo Scienze dall'OPPI e a tutti quelli che con pazienza hanno accettato di raccontare la loro "autobiografia chimica".

L'OPPI, Organizzazione per la Preparazione Professionale degli Insegnanti, associazione senza scopo di lucro, si occupa di formazione degli insegnanti dal 1965. Ha sede a Milano, in via Orseolo 1.

A tutti i Soci della Divisione

Ricordo ai Soci di rinnovare l'iscrizione per il 2004 in tempo utile affinché si possa aggiornare l'elenco.

Ricordo inoltre che il fascicolo 1 del 2004 di CnS sarà inviato a tutti i Soci, mentre i fascicoli successivi saranno inviati solo ai Soci in regola con l'iscrizione per il 2004.

I Soci afferenti dovranno effettuare il versamento della quota integrativa per ricevere CnS.

Le iniziative condotte dalla Divisione di Didattica a livello nazionale, come facilmente intuibile, possono risultare più incisive se si incrementa il numero dei Soci.

Sollecito, quindi, i colleghi ed amici a farsi promotori presso coloro che ancora non sono associati affinché lo diventino.

Sarei grato a tutti coloro che sono in possesso di indirizzi e-mail di inviarli al seguente indirizzo: **pasquale.fetto@unibo.it**, affinché possano essere inseriti nella lista in possesso della Divisione al

164 fine di comunicare in tempo reale.

LE LEGGI PONDERALI: UN PERCORSO D'APPRENDIMENTO TRA EPISTEMOLOGIA STORICA E DIDATTICA

Premessa

“I metalli all’aria calcinano per poi tornare allo stato iniziale se messi a contatto con materie grasse”: è questo il fenomeno di base dall’osservazione del quale parte l’attività didattica che si intende illustrare. Si prende dunque spunto dai fenomeni che più destarono interesse in quella delicata fase di transizione fra il “secolo dei lumi” e l’800, periodo che, in concomitanza con l’esplosione della tecnologia, costituì il momento di transizione dall’alchimia alla chimica moderna.

Nel descrivere le fasi essenziali del lavoro svolto in classe, si coglie anche occasione per sottolineare alcuni limiti nell’applicazione del pur valido metodo sperimentale all’interno delle attività didattiche

Collocazione didattica

È importante definire la collocazione dell’attività. Essa si rivolge a ragazzi di quattordici, quindici anni che frequentano la classe prima di un istituto superiore e generalmente si pone a cavallo tra il primo ed il secondo quadrimestre. A questo livello, i ragazzi possiedono già una certa competenza nel riconoscere un sistema come omogeneo o eterogeneo, sanno applicare alcune tecniche di separazione delle fasi nel sistema eterogeneo e dei componenti in un sistema omogeneo, sono in grado di eseguire misure di densità e di punto di fusione o di ebollizione per identificare una sostanza o per determinarne il grado di purezza, adoperano dunque bilance, strumenti per la misura di volumi e termometri, sanno preparare soluzioni a determinata percentuale in massa o in volume o in massa su volume.

Per quanto riguarda lo studio delle trasformazioni, i ragazzi stanno imparando a descrivere macroscopicamente lo

PATRIZIA DALL’ANTONIA^(*)

stato del sistema prima e dopo una trasformazione, in termini di identificazione delle sostanze che lo costituiscono. Sono in grado quindi di distinguere un fenomeno fisico da uno chimico. In occasione dell’osservazione di fenomeni di combustione e di calcinazione, hanno appreso qualche facile accorgimento “chimico” per identificare degli aeriformi (vapor acqueo, anidride carbonica, anidride solforosa) e per determinare grossomodo la composizione dell’aria. Hanno già sperimentato che a volte è possibile decomporre una sostanza pura in due o più altre sostanze e si trovano d’accordo nel considerare le sostanze ottenute più semplici di quella di partenza che viene dunque chiamata “composto”. A volte alcuni hanno difficoltà nel riconoscere il composto come una sostanza pura, lo “pensano” piuttosto come una miscela delle sostanze prodotte, per essi dunque la decomposizione chimica è ancora un semplice fenomeno fisico di separazione. Il dubbio dovrebbe essere eliminato proprio grazie allo studio conseguente delle leggi ponderali.

È stato inoltre fornito un primo modello particellare della materia: il discutibile ma utile modello “a sferette”, per rappresentare una miscela, un sistema chimicamente puro ed i passaggi di stato. La conoscenza ufficiale degli allievi sulla struttura della materia si limita a questo. In realtà, molti ragazzi affermano d’aver sentito parlare di atomi, molecole e ioni alle medie, ma di solito ad un’analisi più approfondita, ci si accorge che le idee a proposito sono molto confuse. Al momento dunque non si fanno ancora distinzioni sul tipo di particella rappresentato da una sferetta: per quanto ne sanno i ragazzi essa potrebbe rappresentare, una mo-

lecola od un atomo. Le particelle saranno semplicemente di diversi tipi nella rappresentazione di una miscela e di un solo tipo per una sostanza pura. È doveroso sottolineare la debolezza del modello: esso non è certo adatto a rappresentare per esempio un sale allo stato fuso o in soluzione. Si pensi del resto che i ragazzi per il momento non solo non hanno alcun’idea di legame chimico ma non sono neanche in grado di distinguere a livello particellare un composto da una sostanza semplice. E’ proprio l’attività sulle leggi ponderali che dovrebbe fornire qualche idea a riguardo e consentir loro di raffinare il modello.

Collocazione storica

Grazie a qualche semplice esperienza e ad alcune letture, si è parlato ai ragazzi del contributo realmente innovativo che ebbe nella storia della chimica Lavoisier, che, con l’utilizzo sistematico della bilancia, formulò l’ipotesi che la massa si conservasse al di là delle trasformazioni.

L’apprecchiatura di Lavoisier per lo studio del comportamento del mercurio quando viene riscaldato all’aria, riprodotta in molti testi di divulgazione scientifica, è indice di quali fossero al tempo i fenomeni che generavano maggior interesse nel campo delle trasformazioni: erano la combustione e la “disgregazione” delle sostanze per mezzo del calore, se poi queste sostanze erano metalli, si osservava la loro “calcinazione”, se fortemente riscaldate all’aria, ovvero la loro riduzione a “calce”, sostanza spesso polverulenta, inerte, dalle proprietà molto diverse da quelle dei metalli. Se le calci però venivano a loro volta vigorosamente riscaldate in presenza di “terre grasse”, composti del carbonio o carbone stesso, ecco che ricompariva il metallo [1].

Il fenomeno di base

L’ossido rameico e l’ossido rameoso,

^(*) I.T.I. “A. Volta” Trieste

e-mail: dallantonia@interfree.it

sostanze formalmente derivate dalla calcinazione del rame, si possono reperire facilmente in laboratorio, sono perfettamente distinguibili, l'uno è un solido nero, l'altro rosso e vengono di solito distribuiti sotto forma di polvere. Entrambi, se vigorosamente riscaldati in flusso di metano (ecco la "sostanza grassa"), portano allo sviluppo d'acqua ed anidride carbonica, rivelabili con i metodi noti, e liberano l'inconfondibile metallo rosso lucente che tutti riconoscono essere rame.

Pur presentando alcuni inconvenienti, questa reazione è apparsa la più adatta all'inizio per guidare i ragazzi alla verifica delle leggi delle proporzioni definite e delle proporzioni multiple, nonché per avviarli ad elaborare qualche prima ipotesi sulla struttura interna delle particelle.

Potrebbe sembrare strano che si usi la riduzione degli ossidi del rame per la verifica delle leggi ponderali. La reazione infatti non solo non è una decomposizione, ma è tutt'altro che semplice, già solo il suo bilanciamento richiederebbe qualche conoscenza di ossidoriduzioni. Si ricordi però che a questo livello gli allievi non sanno nemmeno che cosa significhi bilanciare, né sanno che cos'è una formula. D'altronde, quello che si chiede al momento è solo riconoscere le sostanze coinvolte nella reazione e valutare la massa di alcune di esse. Vediamo che questo è abbastanza accessibile per i nostri studenti: essi conoscono il metano, in quanto è il gas combustibile utilizzato principalmente in città, e sanno che i combustibili utilizzano l'ossigeno dell'aria per trasformarsi con esso in acqua ed anidride carbonica. Con una dimostrazione collettiva e qualche ragionamento non è difficile riconoscere il ruolo dell'ossido nella nostra reazione: il metano, direttamente prelevato dalla rete di distribuzione viene fatto fluire attraverso una provetta bucata posta orizzontalmente rispetto al piano di lavoro e contenente l'ossido. Attraverso un foro posto all'altra estremità della provetta il metano fuoriesce e viene bruciato per evitarne la dispersione nell'ambiente. Se prima di essere bruciato il gas in uscita viene sottoposto alle tipiche metodiche atte a rivelare acqua ed anidride carbonica, le analisi risultano negative. Se però il sistema viene riscaldato vigorosamente, ecco che si innesca una reazione che dopo poco porta alla comparsa del rame dentro la provetta ed alla produzione di acqua ed anidride carbonica tra i gas che

fuoriescono dal foro. Dal momento che lo spazio dentro la provetta è occupato solo dal metano, si deve supporre che l'unica fonte di "rifornimento" d'ossigeno grazie al quale il metano produce acqua ed anidride carbonica, non può essere che l'ossido: esso dunque, oltre che rame contiene ossigeno. L'unico assunto che si deve fare è che esso oltre che rame contenga *solo* ossigeno, ovvero che non vi siano altri componenti dell'ossido che i mezzi a disposizione non consentono di riconoscere. Questo problema però non è molto rilevante ai fini di quanto si vuole studiare. L'importante è riuscire a determinare la massa dell'ossido da cui si parte e quella del rame che si ottiene. A questo punto, grazie alla legge di Lavoisier, che i ragazzi già conoscono, per differenza tra la massa dell'ossido e quella del rame, si ricava la massa dell'altro o degli altri componenti dell'ossido. Si potrà quindi studiare se, al variare della massa dell'ossido, questa sta in qualche relazione con la massa del rame prodotto e con la massa dell'altro/i componente/i che, almeno per praticità, chiameremo per il momento "ossigeno".

L'attività di laboratorio

Nella provetta forata di cui inizialmente si è determinata la massa, si introduce una certa quantità predeterminata di ossido. Si collega il sistema alla rete di distribuzione di metano. Si fa fluire il metano a freddo per qualche secondo, curando di farlo bruciare alla fuoriuscita dalla provetta. Si riscalda poi il sistema a fiamma forte. Attraverso il foro della provetta, fuoriescono gli aeriformi prodotti dalla reazione ed il metano non reagito. Si continua a riscaldare fino a

completa scomparsa dell'ossido.

Una volta completata la reazione e raffreddatosi il sistema sempre in flusso di metano, il rame rimane aderente alle pareti della provetta e la sua massa viene facilmente determinata.

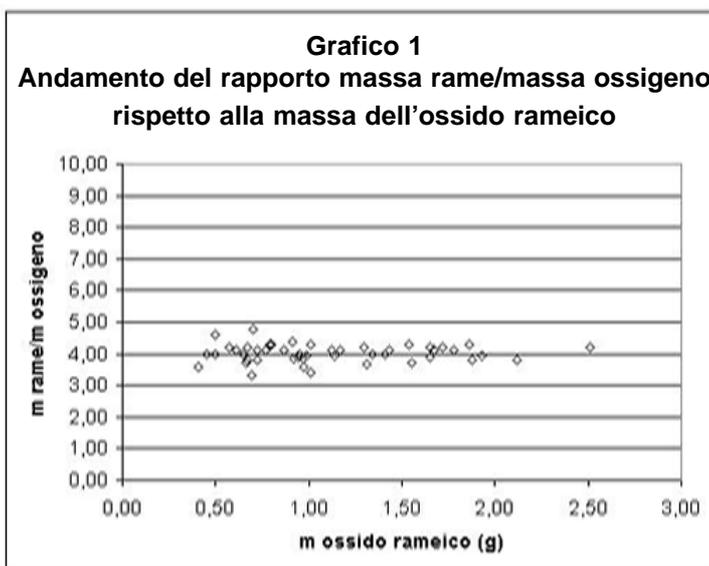
Gli allievi lavorano in coppia ed ogni coppia lavora su una massa diversa d'ossido. Si usa fare una raccolta dati collettiva all'interno di una classe, in modo che tutti gli allievi alla fine abbiano a disposizione i risultati (massa ossido, massa rame, massa ossigeno, rapporto in massa rame/ossigeno) di dodici, tredici esperienze. L'uso del foglio elettronico è molto efficace in quest'occasione, tanto che i ragazzi riescono a completare l'esperienza e ad elaborare i dati di tutta la classe entro le due ore consentite per il laboratorio.

La classe lavora una prima volta sull'ossido rameico ed una seconda sull'ossido rameoso.

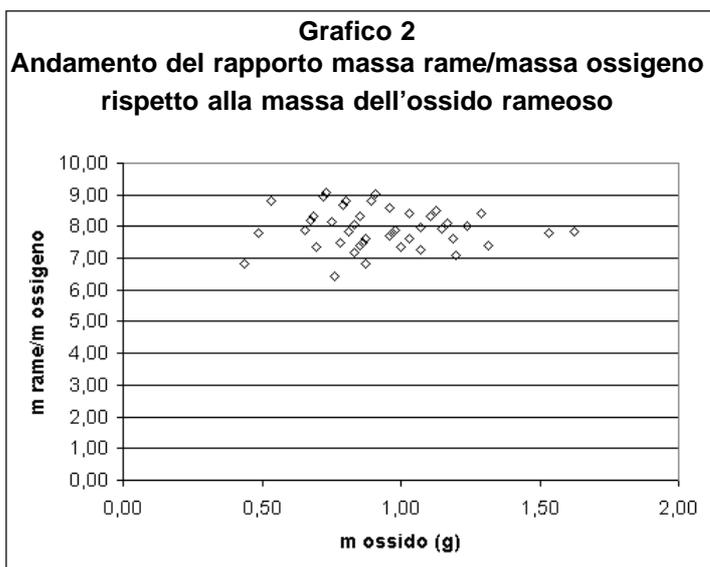
L'analisi dei dati

Nelle classi in cui è stata sperimentata l'attività, il confronto dei valori relativi ai rapporti rame/ossigeno ha portato facilmente ad osservare che, indipendentemente dalla quantità di ossido di partenza, essi "oscillano" attorno ad un valore costante. Tale valore è stato calcolato in ogni classe semplicemente eseguendo la media matematica di tutti i valori ottenuti all'interno della classe stessa.

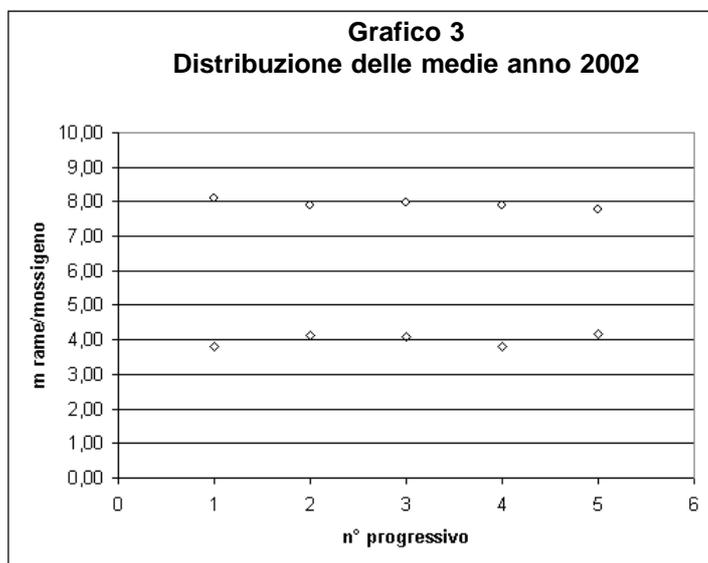
I grafici 1 e 2 si riferiscono all'anno 2002 e sono stati presentati nelle classi di quell'anno, una volta conclusesi le attività di laboratorio sugli ossidi del rame. Il grafico 1 riguarda l'esperienza con l'ossido rameico ed il 2 quella con l'ossido rameoso. I grafici riportano tutti i valori del rapporto massa



rame/massa ossigeno raccolti nelle classi. Tali valori sono messi in relazione col relativo valore della quantità di ossido da cui sono stati ricavati. L'analisi dei grafici conferma che i valori relativi al rapporto in massa rame/ossigeno si distribuiscono attorno ad un certo valore, indipendentemente dalla quantità di ossido da cui sono stati ricavati



Il grafico 3, si riferisce alla stessa attività, ma riporta semplicemente i valori delle medie matematiche così come sono state calcolate in ciascuna cinque classi prime (il numero progressivo rispecchia l'ordine cronologico con cui sono state eseguite le esperienze in laboratorio), Essi sono relative sia all'esperienza con l'ossido rameico che a quella con l'ossido rameoso.



L'interpretazione dei dati: un esempio d'eccessiva generalizzazione dei risultati

Aldilà dei dati sperimentali, l'esperienza consente innanzitutto di affermare che i due ossidi sono dei "composti" e che rame ed ossigeno sono delle sostanze più semplici dei loro ossidi. A questo proposito l'insegnante di solito informa che, dal momento che sia rame che ossigeno non si decompongono in altre sostanze, essi vengono chiamati "sostanze semplici" (per non creare confusioni in seguito, si evita di usare il termine "elementi").

Leggi ponderali. un percorso d'apprendimento

La lettura del grafico 3 ha fatto poi concludere agli studenti che il rapporto in massa con cui rame ed ossigeno si combinano nell'ossido rameico è circa quattro, mentre quello relativo all'ossido rameoso è circa otto. Si è voluto in un primo momento partire da tali conclusioni per procedere su ulteriori generalizzazioni.

Dalle relazioni elaborate dagli allievi, si è notato che alcuni di loro avanzavano spontaneamente ipotesi sulla struttura intrinseca delle particelle fondamentali che costituivano l'ossido di partenza, in base al rapporto massa rame/massa ossigeno trovato collettivamente, e che parecchi di loro spiegavano i rapporti in massa negli ossidi, pensando che vi fossero quattro particelle di rame per ogni particella d'ossigeno nell'ossido rameico ed otto particelle di rame per ogni particella di ossigeno nell'ossido rameoso: tutto questo naturalmente è valido se si ipotizza che la "particella fondamentale" del rame abbia la stessa massa di quella dell'ossigeno. E' un risultato interessante questo, se si pensa che fino a Dalton erano molti coloro che ritenevano che atomi di elementi diversi avessero lo stesso peso.

In base a tali risultati, si è voluto fare un'indagine più strutturata su tre classi riguardo ad eventuali ipotesi sulla struttura particellare dei composti. Prima però si è riflettuto insieme agli allievi su quanto si poteva sapere di nuovo, in seguito alle ultime esperienze fatte.

Le generalizzazioni consentite non rispecchiavano altro, almeno agli occhi dell'insegnante, che la legge di Proust e quella di Dalton:

- **“Le sostanze ottenute dalla decomposizione di un composto stanno tra loro secondo un rapporto in massa che è sempre lo stesso”,** (pur variando la massa dell'ossido di partenza, il rapporto tra le masse dei componenti, al di là degli inevitabili errori sperimentali, risulta costante).

- **“Le sostanze più semplici possono comparire combinate secondo rapporti in massa anche diversi tra loro, ma allora esse danno luogo a composti diversi, uno per ciascun diverso rapporto di combinazione”** (lavorando su due ossidi che presentano caratteristiche chiaramente diverse, si verifica che essi sono formati dalle stesse sostanze, rame ed ossigeno, ma se-

condo rapporti di massa diversi 4 per il primo, 8 per il secondo).

● **“Vi è una relazione tra questi rapporti di combinazione: ognuno di essi è un multiplo intero di uno stesso rapporto fondamentale”** (per i nostri ossidi: $4 = 4 \times 1$ e $8 = 4 \times 2$, assumendo che il rapporto fondamentale sia pari a 4).

A questo punto ai ragazzi è stato posto problema:

“Se un composto si decompone in sostanze semplici, è lecito pensare che nel composto siano presenti le particelle fondamentali, caratteristiche delle sostanze semplici che si ottengono da esso? E se si ammette questo, quale secondo voi deve essere il rapporto numerico di tali particelle e quale il rapporto tra le loro masse, affinché il tutto sia coerente ai dati sperimentali?” (Per la prima volta in questa occasione si è chiesto ai ragazzi di usare la parola “atomo” per identificare la particella fondamentale caratteristiche di una sostanza semplice)

Da un primo scambio d'idee con gli allievi, sono state individuate tre ipotesi quali più plausibili per interpretare i dati raccolti dal laboratorio:

● **Ipotesi A:** Nell'ossido rameico vi sono tanti atomi di rame quanti di ossigeno, ed ogni atomo di rame ha una massa quattro volte maggiore di quella dell'ossigeno, anche nell'ossido rameoso vi sono tanti atomi di rame quanti quelli d'ossigeno, ma in tal caso la massa del rame è otto volte maggiore di quella dell'ossigeno

● **Ipotesi B:** Nell'ossido rameico vi sono quattro atomi di rame per ogni atomo di ossigeno e nell'ossido rameoso vi sono otto atomi di rame per ogni atomo d'ossigeno

● **Ipotesi C:** Nell'ossido rameico vi sono tanti atomi di rame quanti di ossigeno, ed ogni atomo di rame ha una massa quattro volte maggiore di quella dell'ossigeno, anche nell'ossido rameoso ogni atomo di rame ha una massa quattro volte maggiore di quella dell'ossigeno, in tal caso però il numero di atomi di rame è il doppio di quelli di ossigeno

Un'indagine successiva è stata fatta su circa sessanta allievi, a cui si è chiesto di esprimere una preferenza tra le tre ipotesi sopra esposte e di fornire qualche eventuale modello grafico.

I risultati sono stati i seguenti:

tipo risposta	numero risposte	percento risposte
nulla	7	12
Ipotesi A	4	7
Ipotesi B	29	49
Ipotesi C	19	32
totale	59	100

L'ipotesi A è stata la meno popolare: poco meno del 7% dei ragazzi ritiene che per spiegare il diverso rapporto di massa tra i due ossidi si debba ipotizzare che l'atomo di rame possa cambiare massa a seconda del tipo di ossido che forma.

Pochi sono dunque i casi che ammettono che l'atomo di una stessa specie possa avere massa variabile.

Circa un terzo dei ragazzi intervistati ammette l'ipotesi C, pensa cioè che la massa dell'atomo di rame sia sempre circa quattro volte maggiore di quella dell'ossigeno e, per spiegare la differenza dei rapporti di massa tra i due ossidi, ipotizza che il numero di atomi di rame sia uguale a quello degli atomi di ossigeno nell'ossido rameico, mentre raddoppi rispetto a quello dell'ossigeno nell'ossido rameoso.

Quasi la metà dei ragazzi intervistati ammette invece l'ipotesi B, ovvero ritiene che il diverso rapporto in massa rame/ossigeno 4/1 e rispettivamente 8/1 nei due ossidi rispecchi il rapporto numerico tra atomi di rame ed atomi di ossigeno. Quest'ipotesi dunque non solo, come si sospettava, è piuttosto comune, ma si è rivelata la più popolare tra quelle proposte.

Nella formulazione dell'ipotesi B fatta insieme agli allievi, l'insegnante ha volutamente evitato di sottolineare che essa è valida solo se si assume che l'atomo di rame ha la stessa massa dell'atomo di ossigeno, considerazione che avrebbe senz'altro destato negli allievi qualche perplessità in più riguardo alla scelta dell'ipotesi. Si voleva infatti verificare se i ragazzi erano in grado di porre autonomamente tale condizione. In realtà nessuno degli intervistati l'ha dichiarata, e dall'analisi delle loro rappresentazioni grafiche, si rileva che solo alcuni l'hanno implicitamente rispettata.

È dunque senz'altro plausibile che tale scelta sia dovuta ad un'analisi troppo affrettata, ma l'aspetto fuorviante che ha portato tanti studenti ad esprimere quest'ipotesi è probabilmente un altro: è il fatto che *il rapporto in massa rame/ossigeno è dato da un numero intero*. Un rapporto rame/ossigeno pari a 4

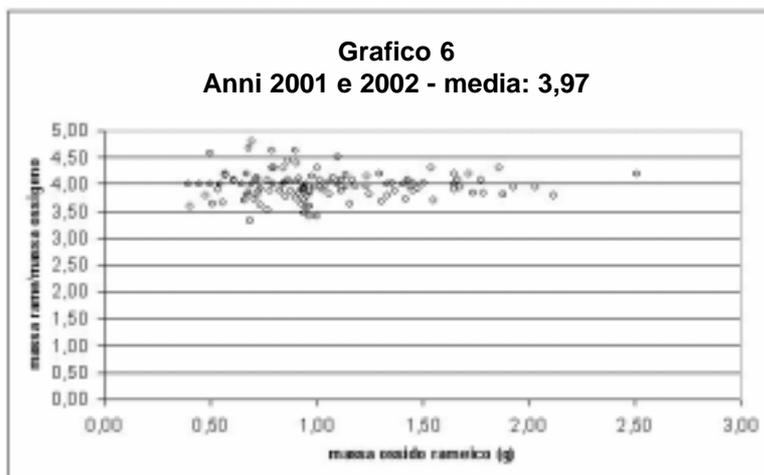
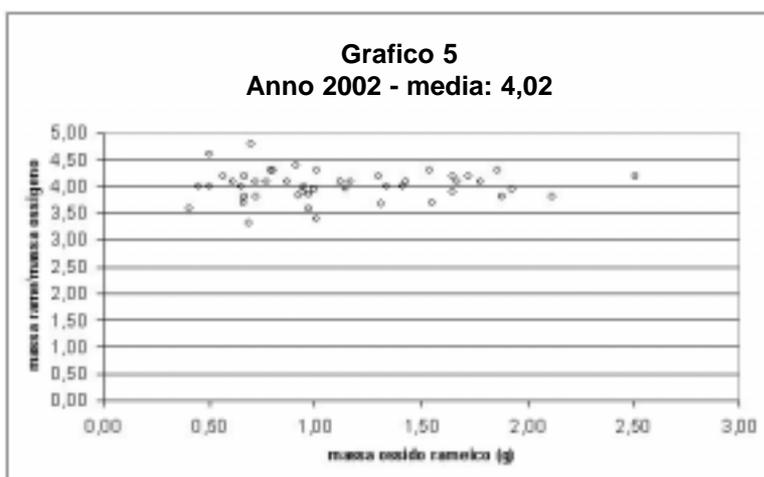
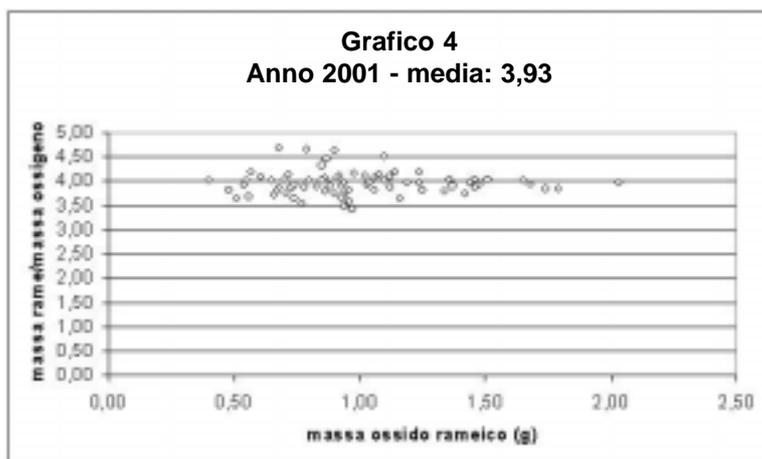
porta giustamente a pensare a *4 parti di rame per ogni parte di ossigeno*, da qui è molto facile pensare a *4 atomi di rame per ogni atomo di ossigeno*, evidentemente più facile che non pensare ad *1 atomo di rame per ogni atomo di ossigeno con la condizione che il rame sia quattro volte “più grande” dell'ossigeno*.

In pratica, per i ragazzi che hanno fatto questa scelta ci sarebbe stata ancora una generalizzazione da fare oltre a quelle già espresse, ovvero che le sostanze semplici che si combinano per dare un composto, lo fanno secondo un *rapporto di combinazione espresso da un numero intero*. Gli esperti sanno benissimo che ciò non è vero, ma lo studente che non abbia a disposizione altri dati che questi, può a buona ragione pensare che capiti sempre così.

La generalizzazione affrettata è un pericolo frequente tra gli studenti quando si trovano a dover interpretare dei dati sperimentali, infatti, per quanto laboriose e molteplici possano essere le attività di laboratorio, molto di rado esse possono fornire a scuola una casistica così vasta da consentire di arrivare alla formulazione di una legge. È necessario che accanto all'attività sperimentale vi sia sempre una ricerca bibliografica all'interno della quale lo studente possa riconoscere i casi da lui sperimentati, ma sia anche in grado di individuare in essi gli aspetti particolari che non possono essere generalizzati.

La revisione dei dati

Nel nostro caso, è bastato che si facessero cercare sul libro i dati di alcune esperienze sugli ossidi d'azoto e che si chiedesse di formulare un'ipotesi che potesse spiegare il rapporto in massa ossigeno/azoto rispettivamente 1.14/1 e 2.28/1 per due di tali ossidi: ebbene, in questo caso quasi il 90% dei ragazzi ha ipotizzato che nel primo ossido vi fossero tanti atomi di azoto quanti di ossigeno, mentre nel secondo, gli atomi d'ossigeno fossero in numero doppio rispetto a quelli d'azoto e che, in ogni caso la massa dell'atomo di ossigeno fosse 1.14 volte maggiore di quel-



la dell'azoto. L'ipotesi analoga a quella che era risultata così popolare riguardo agli ossidi del rame, nel caso dei composti dell'azoto avrebbe previsto l'esistenza di *frazioni di atomo* all'interno della struttura del composto e questo evidentemente creava perplessità nella maggioranza anche di coloro che avevano fatto la scelta dell'ipotesi

B per gli ossidi del rame.

Evidentemente era già presente in gran parte dei ragazzi l'idea dell' "indivisibilità" dell'atomo.

Per formulare delle ipotesi a livello particellare, era necessario dunque che il rapporto in massa tra le sostanze che formano un composto, si presentasse espresso da un numero più accurato di

Leggi ponderali. un percorso d'apprendimento

quello che in prima analisi era stato accettato per gli ossidi del rame. Una volta resisi conto di ciò, i ragazzi hanno ripreso i lavori sull'ossido rameico, per vedere se si poteva trarne un dato migliore. Poiché le misure erano eseguite con una bilancia di sensibilità al centesimo di grammo e l'elaborazione dei dati sperimentali era stata fatta col metodo della combinazione diretta, i rapporti in massa rame/ossigeno erano espressi con un'accuratezza che arrivava alla seconda cifra decimale. Si doveva dunque esprimere anche la media con un'accuratezza maggiore di quanto fosse stato fatto in precedenza.

La media è stata calcolata di nuovo ed in tal caso direttamente su tutti i valori dell'anno 2002 (vedi grafico 5).

Utilizzando anche i dati dell'anno precedente (vedi grafico 4), che il laboratorio aveva messo loro a disposizione, i ragazzi hanno potuto calcolare il rapporto in massa rame/ossigeno su un campionario più vasto (vedi grafico 6), ottenendo come media il valore 3,97.

Tenendo conto del valore ufficialmente dichiarato della massa atomica del rame (63,546) e quella dell'ossigeno (15,999), il valore più accurato del rapporto massa rame/massa ossigeno è 3,972. Le due medie annuali relative all'ossido rameico (3,93 e 4,02) si discostano di poco più dell'1% da tale valore. L'ulteriore miglioramento ottenuto facendo la media su tutti i valori dei due anni, non sembra dovuto al fatto di aver utilizzato un numero circa doppio di dati. L'operazione fatta è circa equivalente a fare la media delle due medie annuali ed il miglioramento va attribuito piuttosto alla fortunata circostanza che i loro scostamenti dal valore più accurato sono di segno opposto e molto vicini in valore assoluto.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare i colleghi del laboratorio di Chimica dell'Istituto Tecnico Industriale "Volta", per avermi aiutato nella raccolta dei dati, ed in particolare la signora Vesna Corbatti, Assistente Tecnico del Laboratorio, per avermi sostenuto nel lavoro di ricerca didattica, con la sua preziosa collaborazione nel collaudo delle tecniche e nella raccolta della documentazione.

Nota Bibliografica

[1] Cabatto, Cozzi, Tenca. "Gli strumenti per capire la Chimica". Edizioni Scolastiche Unicopli

Riprendiamo il discorso sulle SSIS

Riprendiamo il discorso sulle SSIS e tentiamo di tirare qualche conclusione. L'esperimento di queste scuole di specializzazione ormai dura da qualche anno ed un bilancio dovrebbe essere possibile.

Molti soci, della Divisione Didattica della Società Chimica Italiana, partecipano alla gestione delle SSIS con livelli di coinvolgimento che variano da caso a caso e con differenti gradi di responsabilità; parte di questi soci da tempo svolge attività di ricerca nel campo della didattica e della divulgazione. Le ricerche in didattica sinora non hanno ottenuto un'adeguata visibilità e i destinatari della ricerca, cioè gli insegnanti, fatta salva una cerchia ristretta che è rimasta a contatto con l'Università, sembrano refrattari a fare propri i risultati delle ricerche stesse.

Viste queste premesse, come è già stato detto, la redazione di CnS si è chiesta se l'intervento nelle SSIS dei ricercatori in didattica non rappresentasse un canale atto a convogliare le competenze maturate nella giusta direzione e se per questa via i risultati delle ricerche in didattica potessero essere valorizzati.

Questi propositi partivano dalla sensazione che le varie scuole di specializzazione operassero in relativo isolamento, senza dialogare tra loro se non sul piano formale e burocratico, mentre uno scambio di esperienze avrebbe potuto a nostro avviso potenziare ed affinare il lavoro dei nostri soci all'interno delle SSIS.

La redazione si è quindi rivolta ad un gruppo di soci, che operano nelle SSIS, per chiedere loro l'invio di materiali didattici con l'intento di pubblicarli in un numero speciale di CnS.

Fatte pochissime, prevedibili eccezioni nessuno ha risposto all'invito, nemmeno in forma interlocutoria; questo silenzio non è facilmente interpretabile e per certi versi, almeno all'interno di una associazione, è imbarazzante. La

nostra iniziativa era palesemente utile, la proposta era stata avanzata in termini riguardosi ed era palesemente pronta ad accettare le proposte di tutti, voleva essere una iniziativa collettiva ed aperta.

Ma scoraggiati dal silenzio non abbiamo ritenuto di dover insistere ed abbiamo finito per pensare che le scuole SSIS fossero affette da solipsismo.

Per ora conosciamo soprattutto l'organizzazione formale delle SSIS.

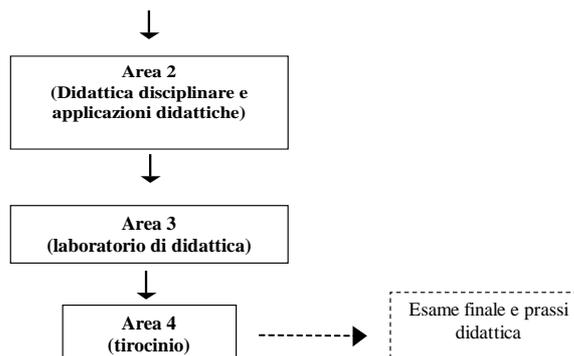
Abbiamo una Area 1 destinata alle Scienze Psicopedagogiche. Abbiamo una Area 2 dedicata all'applicazione dei principi psicopedagogici all'insegnamento di una specifica disciplina ed allo sviluppo delle metodologie didattiche (ad esempio attività di laboratorio), questa attività, come lungamente discusso nella rubrica n. 4 del 2002, potrebbe essere chiamata "Didattica Disciplinare" e non deve essere confusa con il puro e semplice insegnamento della disciplina. Abbiamo una Area 3 dedicata al Laboratorio di Didattica (da non confondere con l'attività di laboratorio) dove i corsisti si esercitano nell'applicazione dei principi appresi nell'Area 2. Abbiamo l'Area 4 dedica-



ta ad attività di tirocinio.

Attualmente, per quello che è dato di sapere, nelle SSIS operano componenti diverse, portatrici di differenti culture: una delle componenti, accademica, è il referente psicopedagogico della scuola e quindi opera nell'Area 1, un'altra componente è in parte accademica ed in parte scolastica (quest'ultima, *advanced*, agisce all'interfaccia tra scuola e università) e svolge le sue attività nelle Aree 2 e 3, oltre ad attività di supervisione; abbiamo infine una componente esclusivamente scolastica, costituita da insegnanti, si presume, di consolidata esperienza, che opera nell'Area 4.

Una buona organizzazione delle SSIS richiederebbe rigore di contenuti, coordinazione organizzativa e continuità operativa tra le varie aree; il collegamento nella più semplice delle ipotesi potrebbe essere di tipo gerarchico secondo lo schema seguente:



Lo svuotamento o la snaturazione di una delle aree o il mancato collegamento tra due aree condurrebbe automaticamente alla disarticolazione del corso e alla penalizzazione della produttività formativa. Purtroppo ognuna delle aree denuncia specifici problemi.

I docenti dell'Area 1 e dell'Area 2 dialogano poco tra loro inoltre, come dice il prof. Vinicio Villani *"non credo di svelare un segreto, dicendo che l'avversione alle SSIS è determinata soprattutto da gelosie accademiche, particolarmente forti nel settore umanistico"*; la mancanza di abitudine al difficile dialogo interdisciplinare, specialmente tra discipline umanistiche e discipline scientifiche, spinge i componenti delle due aree dialogare pochissimo.

Quali le conseguenze? I docenti dell'Area 1 perdono l'occasione di toccare con mano la differenza che intercorre tra ricerca pura e ricerca applicata, mentre i docenti dell'Area 2 in parte sono tentati di rifugiarsi in attività di recupero o nelle integrazioni di conoscenze disciplinari, in parte rischiano di utilizzare le conoscenze psicopedagogiche, di cui abbisognano, in modo improprio mentre altri ancora rischiano di essere ripetitivi rispetto a quanto fatto nell'Area 1. Tra pedagogia e discipline viene a mancare la continuità, questo mancato collegamento condannerà, a mio avviso, la ricerca didattica ad essere confinata nel limbo delle teorizzazioni impraticabili, analogamente a quanto succedeva un tempo ai contenuti di certi corsi di aggiornamento. Tutto ciò apre la strada all'empirismo didattico tuttora dominante nella scuola.

L'attività dell'Area 3, cioè il Laboratorio di Didattica, probabilmente in alcune SSIS è molto sacrificata, per cui

venendo a mancare un momento di approfondita elaborazione personale dei corsisti, manca un consolidamento di quanto appreso nell'Area 2: nonostante l'inevitabile impegno dei supervisori i corsisti possono cadere preda dei "cattivi esempi", che in alcuni casi inevitabilmente il tirocinio comporta; non avendo appreso il gusto di assumere un atteggiamento di ricerca didattica, impareranno ben presto ad appiattirsi sulla prassi del minimo sforzo; secondo la più genuina tradizione scolastica, programmazione e verifica verranno lette come adempimenti burocratici o nella migliore delle ipotesi come ripetitivi atti rituali disconnessi dalla vera didattica; l'attività didattica verrà vista come ripetizione, senza approfondimenti personali, dei contenuti dei libri di testo o di qualche vecchio pacchetto di appunti, il tutto sostenuto da un uso sconsiderato della lavagna luminosa; la verifica, per lo più sommativa, verrà fondata sulle "impressioni" ricavate durante l'interrogazione, sull'uso di questionari preconfezionati, male concepiti, unicamente finalizzati a risparmiare tempo nella verifica.

In altre parole i "sissini" a fronte di corsi di specializzazione disorganici e incompleti, a seguito di attività di tirocinio non sempre qualificate e soprattutto in presenza di una scarsa selezione finale rischiano di apparire la fotocopia dei precari storici.

Le SSIS vivono questa contraddizione: non possono riformare la scuola, ma al contrario rischiano di avvallarne le storture.

A quali risultati positivi si può aspirare?

Dal punto di vista dei ricercatori in di-

dattica si potrebbe puntare, anche se ciò può sembrare poca cosa, sui "sissini" con più spiccata vocazione didattica per veicolare almeno in parte i contenuti culturali scaturiti dalla ricerca didattica.

Il Ministero dell'Istruzione e della Ricerca non dispone dei fondi necessari ad una vera riforma o ad un vero aggiornamento ed anche se reperisse i fondi, probabilmente sarebbe privo di idee innovative. D'altro canto la categoria degli insegnanti attuale, come è stato dimostrato nel passato più recente, è per ragioni storiche insensibile all'innovazione ed in generale è ostile ad ogni cambiamento.

La ricerca didattica, partita molti anni fa con slancio garibaldino, ha incontrato resistenze a non finire sia da parte delle autorità accademiche che da parte dell'amministrazione scolastica ed attualmente sopravvive ad opera di pochi, tenaci operatori. Ciò nonostante continuo a pensare che la ricerca didattica dovrebbe rappresentare la linfa vitale nella formazione degli insegnanti. La ricerca didattica all'estero ha fatto alcuni progressi, operando in condizioni relativamente tranquille: forse, per poter riprendere fiato, bisognerebbe intensificare i rapporti con la ricerca didattica europea, in attesa che prenda piede uno schema di scuola (europea) dove abbiano meno spazio le incompetenze, le esibizioni personali, gli steccati accademici e l'empirismo didattico.

Con buona pace della nostra Ministra sta emergendo con sempre maggiore forza la consapevolezza che le moderne società, non puramente consumistiche avanzano su due gambe che si chiamano Scuola e Ricerca.

Cicap

FRANCESCA TURCO*



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

Riassunto

In risposta all'ampia diffusione di una cultura parascientifica, sorretta dagli spazi e dai toni di molta pseudoinformazione, viene proposta la visita al sito del Cicap, il Comitato per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale. Alcune sezioni e rubriche sono rapidamente descritte.

Abstract

In reply to the wide spread of pseudoscientific culture, supported by misleading information, a visit to the Cicap site (Cicap is the Comitato per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale) is suggested. Some pages are quickly described.

Questo mese propongo la visita del sito del Cicap, il Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale (<http://www.cicap.org>). L'organizzazione ha come obiettivo lo studio dei cosiddetti fenomeni paranormali, per evidenziarne le basi scientifiche, quando ci siano, o per smascherare i falsi. Oltre all'opera di informazione per sensibilizzare il pubblico alla diffidenza verso maghi, astrologi e compagnia varia il Comitato compie opera di formazione per un'educazione scientifica che stimoli il pensiero critico, gli insegnanti di scienze ne sono quindi interlocutori ideali. Per conoscere in dettaglio le attività del Cicap, reperire gli indirizzi da contattare e scoprire come collaborare con il gruppo (ottimo esercizio di gruppo da

proporre agli studenti) si selezionano 'Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale' in alto nella *home page*.

Il sito è ricchissimo di pagine interessanti, per cui la navigazione consigliata va oltre la rassegna che qui propongo, rassegna che inizierei con l'esame della sezione 'Scuola'. Il sottotitolo della sezione è 'Imparare il senso critico e il metodo scientifico divertendosi', obiettivo e metodo senza dubbio condivisi dai soci della Divisione di Didattica. La sezione è articolata in diverse rubriche, alcune delle quali possono essere proposte agli allievi, altre forse più interessanti per gli insegnanti. 'Scienza divertente' contiene diversi esperimenti che possono essere mostrati in classe come palestra per l'osservazione scientifica o come esperienza cui far seguire la spiegazione dei fenomeni che la regolano, altri sono dimostrazioni di dispercezioni sensoriali, altri ancora più che esperimenti sono spiegazioni (non molto efficaci in verità) dei principi (chimici!) su cui si basano oggetti misteriosi quali lo 'scaldino chimico' o le lampade a chemiluminescenza. Imperdibile per gli appassionati di logica e calcolo 'Giochi ed enigmi matematici'. Alcune rubriche sono al momento in costruzione, altre quali 'ABC dell'illusionismo' non richiedono commenti; segnalo ancora le rubriche che prevedono un'interazione con i lettori: una bacheca accoglie la descrizione delle esperienze 'paranormali' dei lettori, infine 'Commenti e suggerimenti', al momento piuttosto scarna, dovrebbe essere una pagina aperta al dibattito. La sezione 'Enciclopedia', raggiungi-

bile dalla *home page*, raccoglie un po' di tutto, alcune pagine meritano senz'altro la lettura da parte degli studenti. Stuzzicanti molti articoli raccolti nell' 'Archivio on-line' raggiungibile dalla voce 'Cicap', in particolare le 'Leggende metropolitane' (alcune sono purtroppo riservate agli abbonati). Per dotare di qualche arma gli spettatori di trasmissioni televisive quali 'Misteri', 'Miracoli' e 'Stargate' propongo la lettura coatta anche della sezione 'Fantaracheologia', 'Misteri e insolito' ed 'Ufo ed extraterrestri'.

Un servizio che inizia ad avere una buona diffusione nei siti scientifici e che costituisce la migliore risorsa per ottenere informazioni di qualità quando si cerchino risposte a dubbi specialistici è 'L'esperto risponde', qui raggiungibile dalla *home page*. Chi desidera invece abbonarsi al Forum o alla Newsletter selezioni 'Le liste', sempre dalla *home page*.

La pecca che inevitabilmente si riscontra nei siti molto ampi che contengono testi firmati da vari autori è il frequente cambio di registro. Il sito risulta infatti piuttosto disomogeneo: in particolare in alcune pagine si avverte come la penna non sia stata impugnata da scienziati, la componente scientifica in vari punti potrebbe essere approfondita. Nonostante questo l'obiettivo di dare una risposta a certa falsa informazione viene spesso raggiunto e il giudizio globale sui contenuti non può che essere più che positivo.

* Dipartimento di Chimica Generale e Organica Applicata, Università di Torino
C.so M. D'Azeglio, 48 - Torino
francesca.turco@unito.it