
Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



ITIS "G. Marconi" - Catania

**PERCHE' LA CHIMICA
E' DIFFICILE**

**GIOCHI DELLA CHIMICA
1999**

**LA CHIMICA NELLA
SCUOLA DI PRIMO
GRADO**

**XI CONGRESSO
DELLA DIVISIONE
DI DIDATTICA**



Società Chimica Italiana

Anno XXI
Maggio - Giugno 1999

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. 051.2099521 - fax 051.2099456
E-Mail: fpcns@ciam.unibo.it

Comitato di redazione

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

Comitato Scientifico

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

Editing

Documentazione Scientifica Editrice
Via Irnerio, 18 - 40126 Bologna
Tel. 051.245290 - fax 051.249749

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

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

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

Ufficio Abbonamenti

Manuela Mustacci
SCI, Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma
Tel. 06.8549691 fax 06.8548734
E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

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

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

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Stampa

GRAFICHE RECORD snc
S. Giorgio di P. (BO) - Tel. 051.6650024

SOMMARIO

EDITORIALE

Chimica e Trasversalità **65**
di *Fabio Olmi*

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Perché la chimica è difficile **67**
di *Paolo Mirone*

An exercise on the evaluation of average values
of observables **71**
di *Gianfranco La Manna*

Introduzione di elementi di chimica nella scuola secondaria
di primo grado **73**
di *Pierluigi Riani*

ESPERIENZE E RICERCHE

L'energia-Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica
Parte I - Il campo semantico dell'energia **79**
di *Gianni Condolo, Ezio Roletto*

PAROLE CHIAVE DELLA CHIMICA

La periodicità **89**
di *Fabio Olmi*

GIOCHI DELLA CHIMICA

La selezione per gli allenamenti pre-olimpiadi **94**
di *Mario Anastasia*

LABORATORIO E DINTORNI

Chimica spettacolare-Un percorso insolito di didattica
della chimica nella scuola **95**
di *Mauro Berretti, Michele Debegnach*

RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

Formazione bignamica o recupero della memoria? **100**
di *Ermanno Niccoli*

CONVEGNI E CONGRESSI

XI Congresso della Divisione **17**

LETTERE

104

SEGNALAZIONI

88

Sito Internet S.C.I. <http://sci-chim.dim.uniroma3.it>

CHIMICA E TRASVERSALITA'

Sotto la spinta dell'attuazione dell'autonomia scolastica, si è messo in moto un ampio dibattito sulla ridefinizione dei curricula delle varie discipline. Come è noto, per la scuola secondaria superiore questi curricula erano già stati ridefiniti rispetto a quelli tradizionali dal lungo lavoro della Commissione Brocca (1998-1994), la cui ultima rilettura non ha mai visto la luce, ma che nella loro forma iniziale sono stati pubblicati sugli Annali della PI: sul n. 56 i "programmi" del biennio (1991) e sui n. 59/60 i "programmi" dei trienni (1992).

L'ottica in cui oggi ci si pone è però nettamente diversa almeno per due ordini di motivi: la ridefinizione dei curricula interessa tutta la scuola preuniversitaria in una logica, come si dice, di curriculum verticale; questo lavoro è assai più complesso dei vari tentativi fatti nel nostro Paese di "rivisitare" i programmi solo per alcuni livelli scolari e attuati separatamente gli uni dagli altri. Inoltre, la ridefinizione dei curricula deve loro conferire una struttura che consenta la realizzazione della progettualità di percorsi diversi, caratteristici dei Piani di Offerta Formativa (POF) relativi a ciascuna singola scuola, come prevede il regolamento dell'autonomia.

Allora, nel momento in cui si ridefiniscono i curricula della scuola dell'autonomia e questi non si possono più confezionare in modo rigido, dettagliato, e si richiede di indicare grandi nodi concettuali strutturanti le diverse discipline uniti tra loro per grandi maglie (saperi essenziali), è necessario innanzitutto intendersi chiaramente su alcune parole-chiave ricorrenti, *competenze, trasversalità, modularità, ecc.* Esse non costituiscono in questo caso concessioni ad un "didattichese" dell'ultima ora, o peggio dell'ultima moda, ma rispondono a precise esigenze di un linguaggio di respiro europeo.

Il regolamento attuativo dell'autonomia, all'art.10, comma 3 parla di "...certificazione di competenze, conoscenze e capacità" acquisite dagli allievi. Come è stato rilevato in un documento dell'associazione "Progetto per la scuola", la parola *competenza* non era mai entrata nel vocabolario d'uso della scuola, ad essa si è fatto riferimento solo nell'insegnamento/apprendimento delle lingue straniere. Oggi questa parola è entrata anche nella normativa del nuovo esame di Stato, ma non è ancora intesa in modo univoco, anzi, vengono date di essa ricorrenti interpretazioni tra loro difformi e contraddittorie. Ora, tuttavia, non intendiamo esaminare i significati di competenze, modularità o di altre parole della "scuola dell'autonomia", ma ci interessa soffermarci sulla *trasversalità* e in particolare sull'*esigenza dettata dalla necessità di introdurre nel curriculum chimico "ridefinito" dimensioni trasversali*.

Questa parola non è certo nuova, basti pensare al pro-

blema degli obiettivi metacognitivi, ma è necessario analizzare bene il suo significato, con particolare riferimento all'i/a della Chimica.

Cominciamo dall'ampio dibattito che si è sviluppato in seno al Forum delle Associazioni fra la fine del '98 e la primavera '99 a cui ha preso parte attiva anche la DD/SCI con vari interventi (Fetto, Olmi, Niccoli, Riani) ed ha portato alla stesura e approvazione di un documento (13/2/99) dal titolo assai significativo: "Per una progettazione integrata dei curricula: dimensioni trasversali dell'educazione". In tale documento si legge "*...per trasversalità intendiamo la presenza nei curricula delle diverse discipline di obiettivi e principi metodologici comuni, tali da assicurare un rinforzo reciproco tra i diversi apprendimenti e da garantire uno sviluppo complessivo dell'intelligenza (intelligenze?) attraverso le discipline*".

L'attuale ridefinizione dei curricula, oltre a quanto già detto in precedenza, è caratterizzata dalla necessità di *essenzializzare i contenuti*, come suggerito dal Documento dei Saggi; inoltre viene ormai insistentemente ripetuto da più parti l'esigenza di *contenere il numero complessivo di ore settimanali di scuola*, anche se con l'autonomia, per le diverse discipline, non si parla più di ore/settimana, ma di monte ore annuale, biennale o triennale. Infine il curriculum della scuola dell'autonomia, accanto ad una componente di discipline uguale per tutti, prevede una componente "locale" obbligatoria e possibili componenti aggiuntive. Ne segue che *il numero degli ambiti disciplinari del nuovo curriculum non può costituire uno spettro troppo ampio*, se vogliamo che abbia un minimo di formatività e la modularità degli insegnamenti non dovrà essere presa a pretesto per moltiplicare le discipline.

Tenendo presente tutto questo, non è solo utile, ma diventa *indispensabile puntare sulla trasversalità nella riprogettazione dei curricula*. Ma quali sono gli ambiti entro i quali si può rendere operante la trasversalità? Sempre nel documento che abbiamo sopra ricordato sono stati individuati 4 ambiti privilegiati e diversi livelli di espressione:

- i metodi di insegnamento/apprendimento (ad esempio, nella s.s.s. l'esigenza di partire sempre da situazioni problematiche, privilegiare le conoscenze procedurali rispetto a quelle dichiarative,....)

- l'ambito cognitivo (raccolgere correttamente e analizzare dati quantitativi, la comprensione e l'uso di modelli (nelle diverse accezioni che il termine possiede)....)

- l'educazione ai valori (gli studi di carattere scientifico dovrebbero promuovere la disponibilità alla verifica, alla revisione di ogni conoscenza, l'apertura al dubbio, alla critica,....)

- la relazione tra saperi e loro uso sociale (l'idea della responsabilità sociale nell'uso delle conoscenze,...)

Quando si passa dal piano delle definizioni al come la trasversalità debba passare di fatto *attraverso* i curricoli delle singole discipline cominciano i problemi: ne accenniamo alcuni.

a) Se la trasversalità deve passare attraverso l'ambito metodologico, sarà necessario inserire nei curricoli delle indicazioni metodologiche. E' chiaro però che queste non potranno essere prescrittive per tener fede ai principi dell'autonomia, ma si presenterà allora concretamente il rischio che restino lettera morta, del tutto inapplicate, riproponendo gli stessi guasti prodotti sia per i metodi che per i contenuti per il curricolo del '79 della attuale scuola secondaria di I grado.

b) Se la trasversalità si costruisce sulle discipline, come detto chiaramente nel documento più volte citato, significa che il suo apporto essenziale è affidato in primo luogo alle discipline di base, comuni a tutti, e nell'area delle scienze sperimentali (nelle quali la didattica deve compiere un grande sforzo di rinnovamento) alla Fisica, alla Chimica e alla Biologia, tutte discipline di base. Inoltre, poiché la trasversalità si costruisce esercitandola in rapporto a certi contenuti, entro un determinato contesto, una disciplina di base non può essere egemone rispetto alle altre o addirittura sostitutiva di altre, ma solo insieme, con una progettazione integrata dei curricoli, potranno rispondere concretamente alle esigenze trasversali sia in ambito cognitivo che metodologico.

In termini più espliciti, nel segmento curricolare comune a tutti (area di equivalenza dei bienni sperimentali dell'autonomia), non potranno entrare solo due o addirittura una sola disciplina scientifica di base, come fu fatto in sede di Progetto Brocca, perché *verrebbe a cadere qualsiasi* possibilità reale di trasversalità, per realizzare la quale è indispensabile anche un equilibrato "pool" di discipline tra area umanistica ed area scientifica. La necessità di questo equilibrio, poi, sarà dettata anche dalla necessità di conferire davvero al curricolo un serio carattere di orientatività per le future scelte e questa dovrà passare in maniera determinante attraverso la varietà delle opzioni offerte dall'area "comune".

c) La trasversalità non può e non deve costituire un pretesto per depotenziare le discipline, almeno a livello di secondarietà. Non vorremmo che in nome della trasversalità venissero enfatizzate alcune abilità a discapito di altre oppure che si riproponessero a più livelli sempre le stesse abilità, di fatto bloccando l'articolazione e la diversificazione dei contenuti nel passaggio da un livello scolare all'altro, a danno di alcune discipline che, come la chimica, possono entrare in forma autonoma nel curricolo solo a fine obbligo, a livello di biennio secondario superiore.

d) Trasversalità ha anche un'altro significato: vuol dire anche *sintonia, coordinazione nello sviluppo di curricoli paralleli*. Quante volte è capitato a ciascuno di noi insegnanti di rilevare che un certo concetto sarebbe stato affrontato molto meglio se in parallelo, ad esempio, la fisica avesse affrontato quel tal altro concetto, e quante volte capita nello sviluppo della biologia "micro" di dover

far ricorso a concetti chimici, senza la comprensione dei quali è quasi impossibile comprendere alcuni concetti biologici? Coordinare lo sviluppo parallelo dei curricoli non vuol dire ripercorrere storicamente in parallelo i curricoli (sarebbe artificioso e inutile, dal momento che si sono avuti sviluppi differenti nei diversi tempi per le varie discipline): vuol dire *seguire uno sviluppo concettualmente coordinato*, che consenta di far passare da una disciplina ad un'altra certi apporti, vuol dire tener conto dell'aspetto "di servizio" che ciascuna disciplina può giocare nei confronti delle altre. L'importanza di questo aspetto di trasversalità emerge immediatamente se teniamo presente l'insistenza nel nuovo esame di Stato di suggerire apporti pluri o multidisciplinari con cui si possono affrontare molti problemi: cosa impossibile da realizzare se non c'è stato nel corso degli anni tra le discipline uno sviluppo coordinato, a "pettine" anche relativo ai contenuti. Per concludere dobbiamo cercare di dare risposta ad una domanda: che cosa occorre fare per la chimica "comune" nel biennio di fine obbligo? Se abbiamo sottolineato l'esigenza di rimediare al confinamento della chimica nei soli indirizzi scientifici, il suo inserimento nell'area di equivalenza dovrà però *portare a "ridisegnare" completamente le vecchie proposte dei bienni del passato*. Dovremo pensare ad una chimica per tutti, ad una *chimica per il cittadino* e ad una *chimica capace di orientare concretamente verso scelte future*: dovremo rinunciare a riproporre quegli schemi un po' vecchioti di una sorta di microsistemica che a questo livello, alla luce delle nuove esigenze, non è più proponibile. Questa è la sfida che dobbiamo affrontare per riconquistare lo spazio per la disciplina tra gli insegnamenti realmente "di base". Dovremo anche vigilare che non passi come curricolo definitivo quel "mostro" di proposta curricolare che viene attuata da ormai due anni nelle scuole che già sperimentano la piena autonomia (licei tecnici). Le proposte di articolazione dei curricoli partorite dagli ispettori responsabili del progetto, hanno sollevato un coro di critiche molto ampio (che però nessuno per ora al Ministero ha ascoltato: si dice "si completi prima la sperimentazione...e poi vedremo") e non possono sostituirsi alla revisione dei curricoli che sta prendendo l'avvio: bisognerà definire un quadro del curricolo futuro molto diverso da quello da loro prospettato. Ricordiamo infatti che nella sperimentazione attuale del biennio dell'autonomia (biennio che già al primo anno diviene ora obbligatorio!), la cosiddetta area di equivalenza è analoga per tutti gli indirizzi dell'Istruzione Classica, Tecnica, Professionale e Artistica e dovrebbero esserci all'interno di questa forti elementi di trasversalità: questo per consentire la possibilità di passaggio facilitato da un indirizzo ad un altro. Ebbene, per quanto riguarda le discipline scientifiche sperimentali, riconosciute altamente formative, sono presenti solamente 132 ore biennali (pari a 2 ore settimanali) nell'unico ambito delle Scienze della Natura (Scienze della Terra e Biologia) esattamente come nel progetto Brocca!! Le dichiarazioni di principio rese dai responsabili tecnici e "politici" di queste sperimentazioni assumerebbero valore e credibilità se fossero sostenute dai fatti...ma certamente non è questo il caso.

Fabio Olmi

Maggio - Giugno 1999

PERCHE' LA CHIMICA E' DIFFICILE ? (#)

E' opinione comune che la chimica sia una materia difficile, ma sulla natura delle sue difficoltà le idee non sono molto chiare, anche se molti - esclusi naturalmente i chimici - si trovano d'accordo nell'affermare che la chimica - almeno per il modo in cui è insegnata - è una materia astratta e lontana dall'esperienza quotidiana.

Volendo iniziare un discorso sulle difficoltà della chimica, va detto innanzitutto che esse sono di due tipi: vi sono difficoltà intrinseche alla disciplina e difficoltà introdotte senza necessità dagli insegnanti o dagli autori dei libri di testo o da chi fa i programmi di insegnamento. Non mi soffermerò sulle difficoltà del secondo tipo, anche perché l'ho fatto in diverse occasioni nel passato; mi limito a citare, a titolo d'esempio, l'usanza ancora molto diffusa di spiegare la struttura elettronica dell'atomo ai ragazzi delle scuole medie superiori (e talvolta anche inferiori) ricorrendo al concetto di orbitale.

Penso che le difficoltà intrinseche della chimica si possano ricondurre a tre punti nodali: la chimica non è intuitiva, la chimica fa uso di due livelli di descrizione della realtà, le molecole non stanno ferme.

La chimica non è intuitiva

Il carattere non intuitivo della chimica la caratterizza nettamente nei confronti delle altre discipline. La fisica - per non parlare della biologia e delle scienze della terra - a livello iniziale fa ricorso a concetti come traiettoria, velocità, forza che, pur avendo bisogno di essere ulteriormente precisati, possono essere introdotti facendo appello all'intuizione e/o all'esperienza quotidiana. Viceversa la chimica - cioè la scienza che studia le proprietà delle

PAOLO MIRONE (*)

sostanze e le loro trasformazioni in altre sostanze - ha alla sua base un concetto, quello appunto di sostanza chimica, che non è affatto intuitivo, né si presta ad essere spiegato in modo elementare ma corretto all'inizio di un corso introduttivo. Probabilmente è questa la ragione per cui la maggior parte dei libri di testo per le scuole secondarie (19 sui 25 più adottati secondo un'indagine di una decina d'anni fa [1]) o dà il concetto per scontato, o si limita a darne qualche esempio (spesso errato), oppure ne dà una "definizione" in termini atomico-molecolari che è in realtà una semplice descrizione, mancando di quel carattere operativo che permette di verificare sperimentalmente se un campione di materia consiste di un'unica sostanza.

Ma anche molte reazioni chimiche - cioè le trasformazioni di sostanze in altre sostanze cui si è accennato sopra - hanno un carattere elusivo, in quanto alcuni dei reagenti e/o dei prodotti sono gas incolori, quindi invisibili. Ciò vale in particolare per le combustioni, che sono le reazioni chimiche di più comune esperienza. Le ricerche in didattica della chimica stanno mettendo in evidenza le difficoltà insite nella spiegazione di tali reazioni ai ragazzi più giovani. In un recente convegno un ricercatore inglese presentò una comunicazione intitolata "Perché la combustione dovrebbe essere l'ultima cosa da insegnare ai ragazzi delle scuole" [2] (titolo cambiato all'ultimo momento in "Perché

la combustione è una delle ultime cose ad essere capite dai ragazzi delle scuole", forse su consiglio di qualche autorevole personaggio che considerava un po' troppo estremista il titolo originale). In tale comunicazione egli giungeva alla conclusione che la spiegazione della combustione attinge a tutti gli aspetti che contribuiscono alla comprensione del concetto di sostanza, concetto il cui sviluppo nelle menti dei ragazzi richiede probabilmente qualche anno.

Ma non sono solo i ragazzi della scuola dell'obbligo ad avere problemi con le reazioni di combustione e più in generale con quelle di ossidazione. In un questionario d'ingresso sottoposto nel 1997 alle matricole di Chimica e di Chimica Industriale delle Università di Modena e di Torino veniva posto il seguente quesito: *Un chiodo esposto agli agenti atmosferici si è coperto completamente di uno strato aderente di ruggine. Se lo si pone sulla bilancia, si troverà che in seguito a ciò il suo peso: A) è aumentato; B) è rimasto costante; C) è diminuito.* Su 137 studenti, quelli che hanno dato la risposta giusta (A) hanno superato di poco il 50%, mentre il 20% ha scelto la risposta B, il 18% la C e il 7% non ha risposto.

Se la chimica non è intuitiva, non ci si deve stupire che questa caratteristica si manifesti anche nei processi dell'industria chimica. A questo proposito Luigi Morandi, che intorno alla metà del secolo è stato uno dei massimi dirigenti della Montecatini, riporta nel suo libro *L'industria chimica: cos'è* la testimonianza di un economista il quale, lavorando come consulente di un'azienda chimica, aveva chiesto di visitarne uno stabilimento: "ho visto, guardato e talvolta anche

(*) Dipartimento di Chimica, Università di Modena e Reggio Emilia

(#) Il presente articolo è basato sulla lezione tenuta dall'Autore il 13 novembre 1998 presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Modena e Reggio Emilia a conclusione della sua attività didattica di professore ordinario di Chimica fisica.

toccato apparecchiature che mi hanno detto chiamarsi reattori, autoclavi, colonne di distillazione o di rettifica, eccetera, per lo più chiusi e collegati con tubi diversamente colorati; ho saputo che in quegli apparecchi avvengono operazioni con nomi strani, come nitrazioni, esterificazioni; vi ho visto entrare fluidi e solidi di colore incerto, scorrevoli o viscosi, e vi ho visto uscire solidi e fluidi su per giù uguali a quelli che vi erano entrati, pur avendo nomi molto diversi, come mi hanno detto i tecnici...". E l'economista continuava mettendo a confronto la "illeggibilità" dei processi dell'industria chimica con la "leggibilità" di quelli delle altre industrie: "se la fabbrica è siderurgica, capisco quanto mi basta: come la carica di un altoforno, fatta di minerali e di rottami di ferro, si trasforma con il calore in una colata liquida, che vedo, e quindi in lingotti di acciaio; in una fabbrica tessile capisco come le fibre in fiocchi, naturali o no, diventino filo e poi tessuto; in una fabbrica di automobili capisco la funzione dei torni e delle fresatrici, delle presse per le carrozzerie, e capisco come si svolge il lavoro a catena del montaggio. Così io, profano. Ma io, profano, nelle vostre fabbriche chimiche non capisco niente o quasi." [3]

I due livelli della chimica

Dai tempi di Dalton, cioè da due secoli, la chimica fa uso di due livelli di descrizione della materia: il livello *macroscopico*, o fenomenologico, delle proprietà e delle trasformazioni delle sostanze, e il livello *microscopico* (o più esattamente *submicroscopico*) degli atomi e delle molecole. I chimici si sono da tempo adattati a questa duplicità di livelli, sviluppando una *forma mentis* che consente loro di passare con naturalezza da un livello all'altro pur tenendoli ben distinti. Ma ciò non è affatto ovvio per gli studenti che si avvicinano per la prima volta alla chimica, specialmente se sono molto giovani. I primi ricercatori che cominciarono a studiare i problemi inerenti alla didattica del modello particellare della materia trovarono che i ragazzi attribuivano alle particelle costituenti di una certa sostanza le stesse proprietà di questa: per esempio, secondo loro il rame è malleabile perché i suoi atomi sono malleabili, l'oro è giallo perché i suoi atomi sono gialli, il mercurio del termometro si espande all'aumentare

della temperatura perché si espandono i suoi atomi e così via. Questo modo di pensare può sembrare molto ingenuo, ma corrisponde strettamente al modo in cui i primi atomisti cercavano di spiegare le proprietà dei corpi: per esempio, secondo Democrito l'aceto ha un sapore pungente perché i suoi atomi sono appuntiti [4]. E' naturale che i ragazzi pensino allo stesso modo di Democrito se nessuno li avverte che atomi e molecole non soltanto sono molto ma molto più piccoli dei corpi che vediamo e tocchiamo, ma si comportano anche in maniera molto differente, e di conseguenza possiedono solo poche delle proprietà dei corpi macroscopici: massa, forma e (approssimativamente) dimensioni, ma non colore, durezza eccetera. Un'altra fonte di difficoltà è costituita dal rischio di confondere i due livelli, specialmente quando l'insegnamento è fortemente sbilanciato a favore del livello microscopico come avviene molto spesso nelle scuole italiane. Un esempio di tale confusione è fornito dallo slittamento del concetto di sostanza composta dal livello macroscopico a quello microscopico che abbiamo osservato in numerose matricole [5]. Nel già citato questionario dato agli studenti del primo anno di Chimica e di Chimica Industriale di Modena e Torino un quesito chiedeva di determinare, per ciascuno degli schemi di Fig. 1, quali rappresentavano sostanze e quali miscele di sostanze, e di indicare inoltre se si trattava di sostanze semplici o composte. E'

sero compreso il significato delle figure; sospetto avvalorato dal fatto che la percentuale di risposte incomplete era stata uguale o superiore al 30% per tutti gli schemi ad eccezione dello schema *a*. Ma il nostro sospetto si è dissolto di fronte ai risultati di un secondo quesito, il cui testo era: *Quale delle seguenti affermazioni è corretta?*

- A. Una sostanza si dice pura quando è formata da un unico elemento.
- B. Una sostanza si dice pura quando è formata da atomi identici.
- C. Una sostanza semplice è formata da atomi identici.
- D. Una sostanza composta è formata da due o più elementi.
- E. Nessuna delle affermazioni precedenti è corretta.

Soltanto il 32% degli studenti ha scelto l'unico enunciato corretto, cioè D. Ma l'indicazione più illuminante è venuta dai pochi studenti che avevano cercato di giustificare le loro risposte errate: "*O₂ è già un composto*"; "*D è falsa perché esistono composti omonucleari (O₂, S₈, P₄)*"; "*C non va bene, perché O₂ è un composto dell'ossigeno*"; "*D è sbagliata, perché S₈ è una sostanza composta, cioè una molecola formata da un solo elemento*".

Nelle menti di questi studenti, e presumibilmente anche di parecchi altri viste le risposte date al primo quesito, il concetto di composto aveva evidentemente subito uno slittamento dal livello macroscopico (sostanza formata da due o più elementi) al livello microscopico (molecola forma-

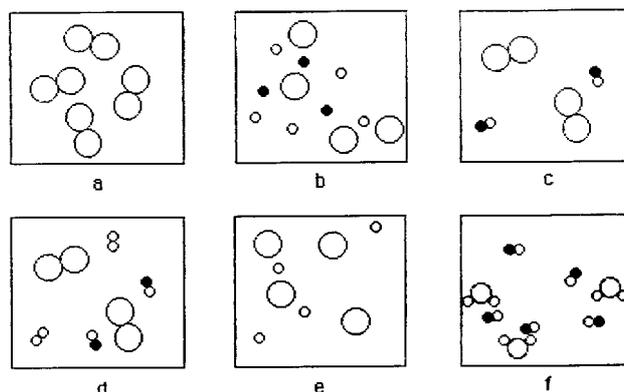


Fig.1 Ogni circoletto rappresenta un atomo; circoletti di diverso colore o diametro rappresentano atomi di elementi diversi

risultato che secondo il 19% degli studenti lo schema *a* rappresenta una sostanza composta, e secondo il 39% gli schemi *c* e *d* rappresentano entrambi miscele di sostanze composte. Di fronte a questi risultati ci è venuto il sospetto che molti studenti non aves-

ta da due o più atomi, anche dello stesso elemento). Oppure non era neppure avvertita la distinzione fra i due livelli, come sembra indicare l'ultima risposta che mescola nella stessa frase termini propri del livello microscopico (molecola) e macroscopico

pico (sostanza, elemento), e tratta i primi due come sinonimi.

Questo esempio dimostra la necessità che nell'insegnamento della chimica i due livelli, con le rispettive terminologie, siano tenuti ben distinti fin dal principio. Distinti ma non separati, perché i due livelli sono strettamente connessi: è proprio il comportamento degli atomi e delle strutture che essi formano (molecole, reticoli cristallini e altri tipi di aggregati) che ci permette di spiegare le proprietà e le trasformazioni che osserviamo su scala macroscopica. Ma i concetti e le teorie che fanno da ponte tra i due livelli sono spesso all'origine di ostacoli all'apprendimento, anche nei casi più semplici. Per esempio, il concetto di mole ("l'interprete fra gli atomi e la bilancia" secondo l'efficace metafora di un libro di testo [6]) è stato oggetto negli ultimi quarant'anni di numerose ricerche didattiche [7], motivate proprio dalle difficoltà incontrate nel farlo capire ai ragazzi delle scuole secondarie.

Un bell'esempio delle difficoltà che, anche a livello universitario, può presentare il passaggio dal livello microscopico a quello macroscopico è offerto da un recente studio di due ricercatori francesi sull'apprendimento della stereochimica [8]. A 88 studenti dell'Università di Grenoble (69

del terzo anno per la licenza in scienze fisiche e 19 del secondo anno per il diploma biennale in scienze della materia a indirizzo chimico) è stato sottoposto un questionario che presentava tre proiezioni di Newman per ciascuno di quattro composti organici (Fig. 2), accompagnate da due quesiti: a) *Quali delle tre conformazioni del composto sono chirali? Motivare in caso di risposta affermativa.*

b) *Su scala macroscopica (cioè in presenza di un gran numero di molecole di conformazione variabile) il composto si comporta come una sostanza chirale? Motivare la risposta.* [9]

Per citare i risultati più significativi dell'indagine, soltanto il 10% degli studenti ha dato una spiegazione coerente del comportamento non chirale (assenza di attività ottica) dei primi tre composti, e soltanto il 20% ha dato risposte giuste per tutte e tre le conformazioni del 2,3-diclorobutano RS, che si è rivelato il caso più ostico (per le singole conformazioni le risposte corrette sono state, andando da sinistra a destra della Fig. 2, rispettivamente 45, 58 e 70%); inoltre, fra gli errori più frequenti nel passaggio dalla scala microscopica alla macroscopica, gli autori segnalano l'attribuzione di proprietà macroscopiche, come l'assenza di attività ottica, a caratteristi-

che microscopiche come l'assenza di atomi di carbonio asimmetrici, la considerazione esclusiva della conformazione ritenuta più stabile, e il mancato riconoscimento della possibilità di rotazione intorno al legame semplice di una metà della molecola rispetto all'altra.

Le molecole non stanno ferme

Tutte le trasformazioni chimiche sono la conseguenza di urti fra molecole o atomi. Eppure ho sempre incontrato una grande difficoltà a far ragionare in termini di urti molecolari i miei studenti del corso di chimica generale, anche su problemi semplici come il meccanismo della trasformazione dell'energia chimica in energia termica [10], o il meccanismo delle reazioni monomolecolari nella sua versione più elementare.

Da qualche tempo sto cercando di capire quali possono essere le cause di questa riluttanza. Fra le spiegazioni possibili, mi sembra che la più probabile possa esser fatta risalire ai libri di testo, i quali tendono generalmente a dare un'immagine piuttosto statica della chimica. In particolare l'esistenza dell'agitazione termica è spesso ignorata, fino al caso estremo di tre testi (uno dei quali divenuto nel giro di pochi anni il più diffuso nelle scuole secondarie) che nel 1986 davano, con parole quasi identiche, la seguente spiegazione della differenza fra solidi e liquidi: "Poiché nei solidi la forza di coesione ha valore massimo ed è maggiore della forza di gravità, essi hanno forma e volume propri. Nei liquidi la forza di coesione è minore della forza di gravità; questa costringe le molecole a scorrere le une sulle altre, per cui i liquidi hanno volume proprio ma assumono la forma del recipiente in cui sono messi" [11]. Nei testi universitari di chimica generale non si incontrano simili amenità, ma si parla molto poco di urti molecolari. Questi fanno la loro comparsa, di solito verso la fine del libro, solo nel capitolo dedicato alla cinetica di reazione.

Ma forse questa difficoltà a pensare in termini di collisioni molecolari non è soltanto degli studenti ma dei chimici in generale. E forse non è un caso che il primo a proporre un'ipotesi soddisfacente per il meccanismo delle reazioni monomolecolari in fase gassosa sia stato il fisico Lindemann. Ottant'anni fa il meccanismo di queste reazioni non era ancora chiaro: il

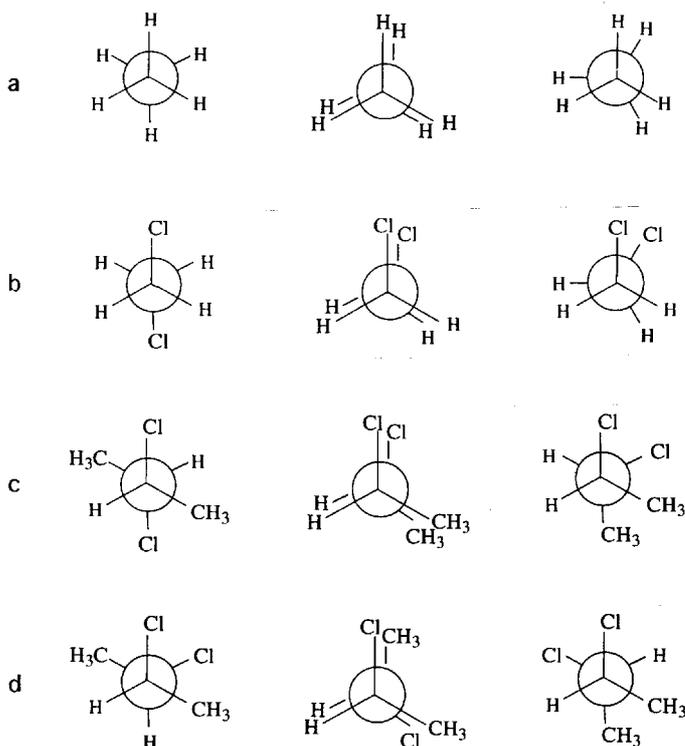


Fig. 2 a: Etano; b: 1,2-Dicloroetano; c: 2,3-Diclorobutano RS; d: 2,3-Diclorobutano RR

fatto che la loro cinetica fosse del primo ordine sembrava incompatibile con un processo di attivazione per urto, che secondo le idee allora prevalenti avrebbe dovuto portare a una cinetica del secondo ordine. Perciò Perrin avanzò l'ipotesi che l'energia di attivazione fosse fornita alle molecole dalle radiazioni emesse dalle pareti del recipiente di reazione. Nel 1921 la Faraday Society organizzò un convegno su "La teoria radiativa dell'azione chimica", nel quale Perrin presentò un'ampia relazione sulla sua ipotesi. Nella discussione che seguì Lindemann fece un breve intervento, in cui mostrò che la cinetica del primo ordine era perfettamente compatibile con un processo di attivazione per urto seguito da uno di due processi tra loro in competizione, cioè la disattivazione, sempre per urto, o la trasformazione della molecola reagente nei prodotti [12]. Questo meccanismo faceva inoltre prevedere che riducendo la pressione la disattivazione per urto delle molecole attivate sarebbe divenuta sempre meno probabile rispetto alla reazione e di conseguenza la cinetica sarebbe passata gradualmente dal primo al secondo ordine, cosa che fu ben presto confermata dall'esperienza.

Conclusioni

Quelli di noi che hanno avuto il compito di far parte della commissione dell'esame di stato per l'abilitazione alla professione di chimico sono stati certamente colpiti dal fatto che molti candidati, anche se laureati da poche settimane, si trovano in difficoltà di fronte alle domande più semplici. Per quanto mi riguarda, ciò che mi ha maggiormente sorpreso non sono state tanto le lacune di memoria, quanto la manifesta incapacità di orientarsi e di ragionare su semplici questioni di chimica, cioè di collocare la domanda nel contesto di un insieme strutturato di conoscenze. Non ho difficoltà ad ammettere che quella di commissario agli esami di abilitazione alla professione di chimico è stata l'esperienza più deprimente della mia carriera di insegnante, in quanto mi ha portato spesso a domandarmi quale sia il senso e l'utilità del nostro lavoro.

D'altra parte, ciò che sto lamentando non è certamente una insufficienza dei soli laureati in chimica, ma è un fenomeno del tutto generale, riconosciuto da tempo dagli educatori più consapevoli [13]. Recentemente il ren-

dimento dell'istruzione è stato paragonato a quello delle prime macchine a vapore, che era notoriamente bassissimo. Tuttavia, grazie agli sforzi della ricerca pura e applicata, nel corso degli ultimi due secoli il rendimento delle macchine termiche è costantemente cresciuto, avvicinandosi di molto al limite teorico imposto dalla seconda legge della termodinamica. E' ragionevole pensare che la ricerca sia in grado di produrre un analogo miglioramento nel rendimento dell'istruzione, in modo tale che questo si avvicini ai limiti posti dalla natura della mente umana. Questa è l'idea che anima gli sforzi di quanti si dedicano alla ricerca in didattica delle scienze.

Una parte sempre più importante di tale ricerca è rivolta oggi alla identificazione degli ostacoli che si oppongono a un apprendimento significativo delle singole discipline, ostacoli che sono spesso nascosti e quindi possono facilmente sfuggire anche a chi padroneggia perfettamente una disciplina e la insegna da anni. Per superare un ostacolo, e ancor più per aiutare altri a superarlo, è indispensabile conoscerlo, e questo può essere solo il risultato di una ricerca che si avvalga di tutte le risorse necessarie.

Bibliografia

- [1] L. Benedetti, L. Brancaleoni, R. Cervellati, P. Mirone, *Analisi di 25 testi di chimica ampiamente diffusi nelle scuole medie superiori*, Progetto strategico "Tecnologie e innovazioni didattiche" del C.N.R., Modena, 1989, p. 27.
- [2] P. Johnson, Why combustion should be the last thing to teach children in school, comunicazione alla 4th European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE), York, 9-12 settembre 1997.
- [3] L. Morandi, *L'industria chimica: cos'è*, La Nuova Italia, Firenze, 1972, p. 22-23.
- [4] F. Enriques e G. de Santillana, *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Zanichelli, Bologna, 1953, p. 81. Si noti che dopo 2000 anni l'idea di Democrito era ancora diffusa fra gli studiosi: nel 1675 il chimico francese Nicolas Lémery scriveva nel suo *Cours de Chymie*: "Non credo mi si possa contestare che l'acido non abbia delle punte...basta assaggiarlo per convincersene, perché provoca pizzicore sulla lingua" (cfr. J.I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, EST, Milano, 1976, p. 27).
- [5] P. Mirone e E. Roletto, Students' misunderstandings about some basic chemical concepts, comunicazione alla 1st European Conference in Chemical Education, Budapest, 25-29 agosto 1998.
- [6] F. Bagatti, M. Braghiroli, E. Corradi,

A. Desco, C. Ropa, *Il libro di chimica*, Zanichelli, Bologna, 1990, p. 90.

[7] R. Cervellati, C. Amicucci, C. Cavalcoli, Bibliografia ragionata sulla didattica del concetto di mole (1961-1981), *CnS*, 1982, N. 3, 4, 5. In questo lavoro sono citate circa trenta pubblicazioni, comparse prevalentemente sul *Journal of Chemical Education*, su *Education in Chemistry* e su *School Science Review*. W. Dierks (*Eur. J. Sci. Educ.*, 3 (1981), 145) cita circa 80 articoli sullo stesso argomento, apparsi fra il 1952 e il 1980 su varie riviste. Un'altra cinquantina di articoli sono citati dai *Chemical Abstracts* fra il 1980 e il 1997 (G. Gorin, comunicazione privata).

[8] R. Barlet e D. Plouin, La dualité microscopique-macroscopique: un obstacle sous-jacent aux difficultés en chimie dans l'enseignement universitaire, *Aster*, 27 (1997), 143.

[9] Un oggetto chirale (per esempio la mano) ha la caratteristica di non essere ricopribile dalla sua immagine speculare. Per essere chirale una molecola non deve possedere né piani di simmetria, né un centro di inversione. Perché questa condizione sia soddisfatta non sempre è necessaria la presenza di un atomo di carbonio asimmetrico.

[10] Un modo elementare per illustrare questo meccanismo consiste nel considerare il più semplice caso di reazione esotermica, cioè la formazione di una molecola biatomica a partire dai due atomi costituenti situati a grande distanza, tenendo conto della dipendenza dalla distanza internucleare dell'energia potenziale di interazione fra i due atomi. Tale dipendenza è descritta con buona approssimazione dalla curva di Morse. (cfr. P. Mirone, *CnS*, 1979, N. 3, p. 21).

[11] P. Mirone, Errori ricorrenti nei libri di testo di chimica, in: *Il testo di chimica per la scuola secondaria superiore: contenuti e criteri di scelta*, Progetto strategico "Tecnologie e innovazioni didattiche" del C.N.R., Modena, 1986, p. 29.

[12] K.J. Laidler, *The World of Physical Chemistry*, Oxford University Press, Oxford, 1993, p. 263-265. Il testo dell'intervento di Lindemann è riprodotto in: *Selected Readings in Chemical Kinetics* (a cura di M.H. Back and K.J. Laidler), Pergamon Press, Oxford, 1967, p. 93-96.

[13] Nella prefazione alle sue lezioni di fisica (*La fisica di Feynman/The Feynman Lectures on Physics*, Inter European Editions, Amsterdam, 1975, p. VIII) Richard Feynman cita questa sentenza del Cardinale James Gibbons (1834-1921): "Il potere dell'istruzione è raramente di grande efficacia, a parte quelle felici situazioni in cui esso è quasi superfluo". Per essere stato il primo rettore della Catholic University of America di Washington (1889), ed anche per altre ragioni (si veda la voce che gli dedica l'*Encyclopaedia Britannica*), Gibbons è difficilmente sospettabile di scetticismo preconcepito nei riguardi dell'istruzione.

AN EXERCISE ON THE EVALUATION OF AVERAGE VALUES OF OBSERVABLES

GIANFRANCO LA MANNA (*)

An useful exercise which can be proposed to students involved in elementary quantum chemistry is the calculation of average values of observables, with the aim to make the study of the theoretical chemistry less abstract and students more familiar with actual calculations of quantum integrals. Moreover, a suitable choice of the average values to be calculated can help to get more insight in important concepts of quantum chemistry, like the Heisenberg uncertainty principle. It is opportune to propose some examples where the wavefunction is simple enough to easily calculate the average values.

Let us take, as a first example, the particle in a monodimensional box of length a , whose real wavefunction is $\psi_k = (2/a)^{1/2} \sin(kx)$ with $k = n\pi/a$, $n = 1, 2, 3, \dots$ [1]

Let us calculate the average values of x , x^2 , p_x and p_x^2 , that is the integrals: $\langle x \rangle = \langle \psi_k | x | \psi_k \rangle$, $\langle x^2 \rangle = \langle \psi_k | x^2 | \psi_k \rangle$, $\langle p_x \rangle = \langle \psi_k | -i\hbar d/dx | \psi_k \rangle$, $\langle p_x^2 \rangle = \langle \psi_k | -\hbar^2 d^2/dx^2 | \psi_k \rangle$.

$\langle x \rangle = \langle \psi_k | x | \psi_k \rangle = (2/a) \int_0^a x \sin^2(kx) dx$. Making the change of variable $kx = t$, $\langle x \rangle = (2/ak^2) \int_0^{ka} t \sin^2 t dt$.

The indefinite integral of $t \sin^2 t$ is the function $t^3/6 - (t^2/4 - 1/8) \sin(2t) + t \cos(2t)/4$ [2], and remembering that $ka = n\pi$, we obtain $\langle x \rangle = (2/ak^2)(k^2 a^2)/4 = a/2$.

$\langle x^2 \rangle = \langle \psi_k | x^2 | \psi_k \rangle = (2/a) \int_0^a x^2 \sin^2(kx) dx = (2/ak^3) \int_0^{ka} t^2 \sin^2 t dt$.

Being the integral of $t^2 \sin^2 t$ the function $t^3/6 - (t^2/4 - 1/8) \sin(2t) + t \cos(2t)/4$ [2], we obtain $\langle x^2 \rangle = (2/ak^3)(k^3 a^3/6 - ka/4) = a^2/3 - 1/2k^2 = a^2(1/3 - 1/2n^2\pi^2)$.

$\langle p_x \rangle = \langle \psi_k | (-i\hbar d/dx) | \psi_k \rangle = (2/a)(-i\hbar) \int_0^a \sin(kx) k \cos(kx) dx = (-2i\hbar/a) \int_0^{ka} \sin t \cos t dt = (-2i\hbar/a) [\sin^2 t/2]_0^{n\pi} = 0$.

This result is to be expected on the basis of the following considerations. Since $\langle p_x \rangle$, corresponding to an average value of a physical observable, is a real value, the integral $\langle \psi_k | p_x | \psi_k \rangle$ must be zero, because of the presence of the imaginary constant. Moreover, simple considerations on the symmetry properties of the integrand lead to the same result.

$$\begin{aligned} \langle p_x^2 \rangle &= \langle \psi_k | (-\hbar^2 d^2/dx^2) | \psi_k \rangle = \\ &= (-2\hbar^2/a) \int_0^a -k^2 \sin^2(kx) dx = \\ &= (2\hbar^2 k/a) \int_0^{ka} \sin^2 t dt = \\ &= (2\hbar^2 k/a) [t/2 - \sin(2t)/4]_0^{ka} = \\ &= (2\hbar^2 k/a) ka/2 = (n\hbar\pi/a)^2. \end{aligned}$$

It is possible to obtain the same result for $\langle p_x^2 \rangle$ operating with p_x^2 on the wavefunction and identifying the eigenvalue with the average value, being the wavefunction eigenfunction of this operator.

Alternatively, remembering that in this case $\langle p_x^2 \rangle = 2mE$, given the energy of the particle $n^2\hbar^2/8ma^2$, $\langle p_x^2 \rangle = (n\hbar\pi/a)^2$.

As further exercise, it is possible to verify that the Heisenberg principle holds, that is $\Delta x \Delta p_x \geq |\langle C \rangle|/2$, where $\Delta x = (\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2)^{1/2}$, $\Delta p_x = (\langle p_x^2 \rangle - \langle p_x \rangle^2)^{1/2}$ and $|\langle C \rangle| = |\langle \psi | i[x, p_x] | \psi \rangle| = \hbar$.

$$\begin{aligned} \Delta x &= \{a^2(1/3 - 1/2n^2\pi^2) - a^2/4\}^{1/2} = \\ &= a(1/12 - 1/2n^2\pi^2)^{1/2}, \quad \Delta p_x = n\hbar\pi/a. \\ \Delta x \Delta p_x &= n\hbar\pi(1/12 - 1/2n^2\pi^2)^{1/2} = \\ &= (\hbar/2)(n^2\pi^2/3 - 2)^{1/2} \end{aligned}$$

to be compared with $|\langle C \rangle| = \hbar/2$. For $n = 1$, $\Delta x \Delta p_x = (\hbar/2)(\pi^2/3 - 2)^{1/2}$ which is slightly larger than $\hbar/2$, in accord with the Heisenberg principle. The values of $\Delta x \Delta p_x$ increase approximately linearly with n .

As a second example, we consider the wavefunctions of the hydrogen atom and calculate, as above, the values of $\langle x \rangle$, $\langle x^2 \rangle$, $\langle p_x \rangle$ and $\langle p_x^2 \rangle$.

Let us consider the $1s$ wavefunction.

$1s = (\pi a_0^3)^{-1/2} \exp(-r/a_0)$ where a_0 is the Bohr radius $= \hbar^2/m_e e^2$. $\langle x \rangle = \langle 1s | x | 1s \rangle = \iiint (\pi a_0^3)^{-1/2} \exp(-r/a_0) x (\pi a_0^3)^{-1/2} \exp(-r/a_0) r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi = (\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-2r/a_0) (r \sin\theta \cos\phi) r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi$.

Since the integral on the ϕ coordinate is $\int_0^{2\pi} \cos\phi d\phi = 0$, $\langle x \rangle = 0$.

Also in this case simple considerations about the symmetry properties of the integrand lead to a null value of the integral.

$$\begin{aligned} \langle x^2 \rangle &= \langle 1s | x^2 | 1s \rangle = \\ &= \iiint (\pi a_0^3)^{-1/2} \exp(-r/a_0) x^2 (\pi a_0^3)^{-1/2} \exp(-r/a_0) r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi = \\ &= (\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-2r/a_0) (r \sin\theta \cos\phi)^2 r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi = (\pi a_0^3)^{-1} \int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r^4 dr \int_0^\pi \sin^3\theta d\theta \int_0^{2\pi} \cos^2\phi d\phi. \end{aligned}$$

We have to solve separately the three integrals on the coordinates r , θ and ϕ .

$$\int_0^\pi \sin^3\theta d\theta = [-\cos\theta(\sin^2\theta + 2)/3]_0^\pi = 4/3. \quad [3]$$

$$\int_0^{2\pi} \cos^2\phi d\phi = [\phi/2 + (\sin 2\phi)/4]_0^{2\pi} = \pi. \quad [3]$$

Making the change of variable $2r/a_0 = t$, $\int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r^4 dr =$

$$\begin{aligned} &= (a_0/2)^5 \int_0^\infty \exp(-t) t^4 dt. \int_0^\infty \exp(-t) t^4 dt = \\ &= [-\exp(-t) t^4]_0^\infty + 4 \int_0^\infty \exp(-t) t^3 dt = \\ &= 4[-\exp(-t) t^3]_0^\infty + 3 \int_0^\infty \exp(-t) t^2 dt = \\ &= 12[-\exp(-t) t^2]_0^\infty + 2 \int_0^\infty \exp(-t) t dt = \\ &= 24[-\exp(-t)]_0^\infty = 24. \end{aligned}$$

Finally, $\langle x^2 \rangle = (\pi a_0^3)^{-1} (a_0/2)^5 24 (4/3) \pi = a_0^2$.

$$\begin{aligned} \langle p_x \rangle &= (\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-r/a_0) (-i\hbar \partial/\partial x) \exp(-r/a_0) r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi = \\ &= (-i\hbar) (\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-r/a_0) (\partial/\partial x) (\exp(-(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}/a_0)) r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi = \\ &= (-i\hbar) (\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-r/a_0) (-\exp(-(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}/a_0)) (1/a_0) (1/2(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}) 2x r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi = \\ &= (-i\hbar) (\pi a_0^4)^{-1} \iiint \exp(-2r/a_0) (1/r) r \sin\theta \cos\phi r^2 dr \sin\theta d\theta d\phi. \end{aligned}$$

Since the integral on the ϕ coordinate is $\int_0^{2\pi} \cos\phi d\phi = 0$, $\langle p_x \rangle = 0$.

Also in this case simple considerations about the symmetry properties of the integrand give the result above.

$$\langle p_x^2 \rangle = (-\hbar^2) (\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-r/a_0) (\partial^2/\partial x^2) (\exp(-(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}/a_0))$$

(*) Dipartimento di Chimica Fisica, Viale delle Scienze - 90128 Palermo, Italy lamanna@unipa.it

$$\begin{aligned}
& a_0) r^2 \text{dr} \sin\theta \text{d}\theta \text{d}\varphi = \\
& = (-\hbar^2)(\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-r/a_0) (\partial/\partial x) (-\exp(-r/a_0)(x/ra_0)) r^2 \text{dr} \sin\theta \text{d}\theta \text{d}\varphi = \\
& = \hbar^2 (\pi a_0^4)^{-1} \iiint \exp(-r/a_0) \{(-\exp(-r/a_0))(1/a_0)(x/r) + \exp(-r/a_0)(r - x^2/r)/r^2\} r^2 \text{dr} \sin\theta \text{d}\theta \text{d}\varphi = \\
& = \hbar^2 (\pi a_0^4)^{-1} \int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r^2 \text{dr} \int_0^\pi \sin\theta \text{d}\theta \int_0^{2\pi} \text{d}\varphi = \\
& = \hbar^2 (\pi a_0^4)^{-1} \{(-1/a_0) \int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r^2 \text{dr} \\
& \int_0^\pi \sin^3\theta \text{d}\theta \int_0^{2\pi} \cos^2\varphi \text{d}\varphi + \\
& + \int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r \text{dr} \int_0^\pi \sin\theta \text{d}\theta \int_0^{2\pi} \text{d}\varphi + \\
& - \int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r \text{dr} \\
& \int_0^\pi \sin^3\theta \text{d}\theta \int_0^{2\pi} \cos^2\varphi \text{d}\varphi\}.
\end{aligned}$$

As shown above in the case of the calculation of $\langle x^2 \rangle$,

$$\int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r^2 \text{dr} = (a_0/2)^3 \int_0^\infty \exp(-t) t^2 \text{dt} = 2(a_0/2)^3 = a_0^3/4.$$

$$\int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r \text{dr} = (a_0/2)^2.$$

$$\int_0^\pi \sin^3\theta \text{d}\theta = 4/3, \int_0^{2\pi} \cos^2\varphi \text{d}\varphi = \pi.$$

$$\text{Moreover, } \int_0^{2\pi} \text{d}\varphi = 2\pi \text{ and } \int_0^\pi \sin\theta \text{d}\theta = 2.$$

Finally, we obtain

$$\begin{aligned}
\langle p_x \rangle & = \hbar^2 (\pi a_0^4)^{-1} \{(-1/a_0)(a_0^3/4)(4\pi/3) + \\
& + (a_0^2/4)4\pi - (a_0^2/4)(4\pi/3)\} = \\
& = (\hbar^2/a_0^4)(-a_0^2/3 + a_0^2 - a_0^2/3) = \hbar^2/3a_0^2.
\end{aligned}$$

As in the previous example, the Heisenberg principle can be easily verified.

$\Delta x \Delta p_x = (a_0^2 \hbar^2/3a_0^2)^{1/2} = \hbar/\sqrt{3}$ to be compared with $|\langle C \rangle|/2 = \hbar/2$; since $\sqrt{3}$ is smaller than 2, it is verified that $\Delta x \Delta p_x > |\langle C \rangle|/2$.

Analogous results can be obtained for the other wavefunctions of the hydrogen atom, keeping in mind that, when functions with quantum number $l > 0$ are considered, different values for x, y and z coordinates can be obtained. The results for the 1s, 2s, 2p, 3s, 3p and 3d₀ functions are reported in the Table below.

The $\langle z^2 \rangle / \langle x^2 \rangle$ ratio, r, depends on the quantum numbers l and $|m|$, irrespective of the value of the principal quantum number ($r = 1$ for $l = 0$; $r = 3$ for $l = 1$ and $m = 0$; $r = 1/2$ for $l = 1$, $|m| = 1$; $r = 11/5$ for $l = 2$, $m = 0$). This derives from the fact that the presence of the functions x, y or z in the quantum integrals affects only the result on the angular part. The same ratio holds for the $\langle p_z^2 \rangle / \langle p_x^2 \rangle$ term. Finally, a further exercise can be made on the calculation of the average values of potential and kinetic energies for the hydrogen wavefunctions so as to verify the virial theorem.

In the case of the 1s wavefunction, $\langle V \rangle = \langle 1s | -e^2/r | 1s \rangle = -(\pi a_0^3)^{-1} \iiint \exp(-2r/a_0)(e^2/r)r^2 \text{dr} \sin\theta \text{d}\theta \text{d}\varphi =$

$$= (-e^2/\pi a_0^3) \int_0^\infty \exp(-2r/a_0) r \text{dr} \int_0^\pi \sin\theta \text{d}\theta \int_0^{2\pi} \text{d}\varphi.$$

Since the integral on the radial part is $(a_0/2)^2$, as we have already seen, and the integral on the angular part is 4π ,

$$\langle V \rangle = (-e^2/\pi a_0^3)(a_0/2)^2 4\pi = -e^2/a_0.$$

$$\langle T \rangle = (\langle p_x^2 \rangle + \langle p_y^2 \rangle + \langle p_z^2 \rangle)/2m = 3\langle p_x^2 \rangle/2m = 3\hbar^2/6a_0^2 m = e^2/2a_0.$$

Hence it is verified that $\langle T \rangle = -\langle V \rangle/2$. The extension to the other wavefunctions is straightforward. From the table above, one obtains the value of $\langle T \rangle$ and, considering that $E = -e^2/(2n^2 a_0)$, it is immediate to verify that $E = -\langle T \rangle$, as stated from the virial theorem.

References

- [1] This exercise is partly proposed in "Problems and solution in quantum chemistry and physics" by Johnson and Pedersen - Dover Publ., N.Y. (1986) and in "Problems in Quantum Mechanics" by I.I. Gold'man and V.D. Krivchenkov - Dover Publ.- N.Y. (1993).
- [2] Handbook of Chemistry and Physics, 76th Edition, CRC Press, p. A-45 (1995).
- [3] *ibid.*, p. A-38,39.

The values are in units a_0^2 for $\langle k^2 \rangle$, \hbar^2/a_0^2 for $\langle p_k^2 \rangle$, and $\hbar/2$ for $\Delta k \Delta p_k$ ($k=x,y,z$). In all cases, $\langle k \rangle = \langle p_k \rangle = 0$.

	$\langle x^2 \rangle = \langle y^2 \rangle$	$\langle z^2 \rangle$	$\langle p_x^2 \rangle = \langle p_y^2 \rangle$	$\langle p_z^2 \rangle$	$\Delta x \Delta p_x = \Delta y \Delta p_y$	$\Delta z \Delta p_z$
1s	1	1	1/3	1/3	$2/\sqrt{3} \approx 1.15$	$2/\sqrt{3}$
2s	14	14	1/12	1/12	$(14/3)^{1/2} \approx 2.16$	$(14/3)^{1/2}$
2p ₀	6	18	1/20	3/20	$(6/5)^{1/2} \approx 1.10$	$3(6/5)^{1/2}$
2p _{±1}	12	6	1/10	1/20	$4(3/10)^{1/2} \approx 2.19$	$(6/5)^{1/2}$
3s	69	69	1/27	1/27	$(2/3)23^{1/2} \approx 3.20$	$(2/3)23^{1/2}$
3p ₀	36	108	1/45	1/15	$4/\sqrt{5} \approx 1.79$	$12/\sqrt{5}$
3p _{±1}	72	36	2/45	1/45	$8/\sqrt{5} \approx 3.58$	$4/\sqrt{5}$
3d ₀	30	66	5/189	11/189	$(10/3)(2/7)^{1/2} \approx 1.78$	$(22/3)(2/7)^{1/2}$

INTRODUZIONE DI ELEMENTI DI CHIMICA NELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

Riassunto

Vengono presentate alcune riflessioni che dovrebbero servire come base per un'ampia discussione relativa al contributo della chimica per l'istruzione scientifica nella fascia di età che va da 11 a 14 anni. Al momento attuale questa fascia di età corrisponde alla Scuola secondaria di primo grado; secondo il previsto riordino dei cicli scolastici verrebbe ripartita fra sesto anno del ciclo primario e primi due anni del ciclo secondario.

Abstract

Some reflections are presented which can be useful as a basis for a discussion about the contribution of chemistry to the science education for pupils 11 – 14 years old. Presently this period corresponds to the junior high school (middle school), but, after the reform of italian school structure, it will attributed to the last year of elementary cycle and to the first two years of secondary cycle.

1. Introduzione

Lo studio del problema dell'insegnamento scientifico nella scuola secondaria di primo grado (d'ora in poi indicata con il termine più consueto di Scuola media) ha già prodotto un vasto materiale bibliografico (1); c'è però da rilevare al riguardo una sostanziale disattenzione dei chimici. D'altra parte questa disattenzione rischia di avere effetti perversi una volta che, in conseguenza del previsto riordinamento dei cicli scolastici, si pervenga a quella che potrebbe rivelarsi l'unica via di uscita per evitare un insopportabile sovrappiombamento di discipline: l'identificazione di aree generali all'interno delle quali gli allievi possano effettuare delle scelte.

(*) Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale
Via Risorgimento 35 - 56126 PISA
Tel. 050918237 - Fax 050918260 -
E-mail riani@dcci.unipi.it

PIERLUIGI RIANI^(*)

A dire il vero, l'interesse per la scuola media potrebbe sembrare mal posto, in quanto sotto tutta la questione possiamo intravedere una potente mina vagante: nel modello in discussione per il riordinamento dei cicli scolastici, la scuola media è destinata a scomparire, venendo assorbita in parte dal ciclo primario, in parte dal ciclo secondario. Più precisamente, ragionando in termini di età degli allievi:

- Il primo anno di scuola media (allievi di 11 – 12 anni) diventa l'ultimo anno del ciclo primario;

- Il secondo e il terzo anno (allievi di 12 – 14 anni) diventano il primo e il secondo anno del ciclo secondario. D'altra parte, lo scopo di questo lavoro non è quello di procedere con considerazioni tecniche relative all'ordinamento degli studi, ma piuttosto quello di porre le basi per l'identificazione di un insieme minimo di conoscenze chimiche per la fascia di età che coincide con l'attuale scuola media. E il riordino dei cicli scolastici potrà far scomparire la scuola media, ma non la fascia di età che le compete.

Deve comunque essere chiaro che, in sede di prima applicazione, il riordino dei cicli scolastici porrà grossi problemi per la collocazione degli insegnanti, che dovranno essere ripartiti fra i due livelli. In un altro lavoro è stato già accennato ai problemi relativi alla scuola di specializzazione per la formazione degli insegnanti, per la quale rischiano di essere attivati indirizzi destinati poi a non avere più sbocco (2); in ogni caso sarà opportuno sorvegliare attentamente la situazione, per non trovarsi poi di fronte a sgradevoli fatti compiuti che potevano e dovevano essere ampiamente previsti (2bis).

2. Che cosa ci si può aspettare dalla scuola elementare.

Al momento attuale la risposta è brevissima: non ci si può aspettare proprio nulla. Per tutto il settore delle scienze sperimentali infatti giocano due dati che contribuiscono a una forte disomogeneità nelle conoscenze degli allievi:

- Il primo dato è costituito dalla relativamente scarsa prescrittività dei programmi in vigore; in detti programmi sono infatti molto scarse le indicazioni sul "che cosa fare" e sono totalmente assenti le indicazioni sul "quando fare";

- Il secondo dato è invece legato alla formazione degli insegnanti, che nella gran generalità non hanno ricevuto un'adeguata formazione nel campo scientifico-sperimentale, e che quindi tendono a sminuire l'importanza dell'argomento. Alcune circolari ministeriali che hanno definito i tempi minimi da dedicare alle diverse aree disciplinari hanno poi dato il definitivo colpo di grazia, assegnando solo 2 ore settimanali per le scienze.

Sarebbe il caso di intervenire rapidamente su questa situazione, che produce inconvenienti non trascurabili; d'altra parte una buona parte della didattica delle scienze pare orientata a privilegiare i procedimenti e a sottovalutare completamente i contenuti. Alcune considerazioni di fondo dovrebbero invece spingere verso una diversa direzione:

- Per acquisire la padronanza dei principali procedimenti occorre giocoforza lavorare su qualche contenuto. Premesso che risulta chiaro il fatto che i contenuti devono essere adatti all'età degli allievi, si potrebbero identificarne alcuni sui quali puntare in quanto utili per la vita di tutti i giorni o per la formazione culturale in genere (3).

- Da molto tempo la matematica, che ha alle spalle una forte tradizione didattica, si è dotata di un quadro sequenziale che permette ai docenti

di procedere senza azzerramenti fra un livello scolastico e l'altro. Non è che tutto funzioni alla perfezione, ma probabilmente ci si potrebbe ispirare a questo modello didattico per ricavarne quantomeno delle utili indicazioni.

- Un'accurata scelta dei contenuti può influire molto positivamente sull'annoso problema della motivazione. E' vero che le variabili in gioco per questo problema sono moltissime, ma la proposta di contenuti capaci di suscitare interesse può quantomeno facilitare le cose.

Nella scelta dei contenuti occorre però, e questo vale non solo per la scuola media, ma anche per la scuola secondaria superiore, evitare di ragionare in termini disciplinari stretti. Le materie di insegnamento, per un allievo della scuola dell'obbligo, non possono essere ricavate direttamente dalla struttura delle discipline universitarie; è necessario quindi un serio lavoro didattico per identificare un insieme di struttura e contenuti delle discipline adatti ai livelli scolastici inferiori. Qualcosa del genere è già stato fatto, per la chimica, da un'apposita commissione della Divisione Didattica della Società Chimica Italiana; il lavoro della commissione ha avuto, come prodotto finale, un volume contenente alcuni lavori di indirizzo metodologico e una serie di schede di lavoro (4). Il contenuto di questo volume non può certo essere considerato esaustivo, ma rappresenta comunque un ottimo punto di partenza. Uno dei problemi principali per la didattica delle scienze nella scuola elementare è costituito dalla formazione degli insegnanti, formazione che ha avuto finora una connotazione principalmente umanistica. L'attivazione del corso di laurea in Scienze della formazione primaria può produrre una modifica sostanziale della situazione, ma c'è sicuramente bisogno di tempi lunghi. Nella fase attuale sarebbe necessario un certo impegno dei chimici sia per un'azione di controllo di ciò che viene proposto nei corsi di laurea, sia per la formazione in servizio: è infatti letteralmente suicida lasciare completamente scoperto un settore così importante nell'iter scolastico degli allievi. Occorre fra l'altro tener conto della ormai arcinota questione della connotazione sociale della chimica, connotazione che in generale è totalmente negativa e la cui veicolazione ha inizio spesso e volentieri proprio nel periodo della scuola elemen-

tare, soprattutto se la formazione riguardo all'area scientifica viene lasciata nelle mani di più o meno improvvisati "ecologisti".

Nell'impostazione del lavoro di formazione occorre comunque tener conto del fatto che nell'insegnamento scientifico a livello di scuola elementare non è possibile una separazione disciplinare che presenti la chimica in modo autonomo; è però possibile e auspicabile un certo lavoro di impostazione disciplinare con gli insegnanti, a titolo di formazione culturale.

Breve conclusione: al momento attuale le conoscenze relative all'area scientifica degli allievi che entrano nella scuola media devono essere sempre valutate caso per caso attraverso un'indagine preliminare; per il futuro sarebbe auspicabile arrivare a una base minima garantita per tutti.

3. Problemi della formazione (iniziale e in servizio) per docenti di scuola media.

L'autore di questa nota lavora da molto tempo con insegnanti di scuola media; da questo lavoro è derivata la consapevolezza del fatto che, anche per questo livello scolastico, uno degli aspetti che incide più fortemente sulla didattica delle scienze è dato dalla formazione iniziale degli insegnanti. Questa formazione è, al momento attuale, ampiamente disomogenea; d'altra parte non è proponibile lo sdoppiamento della cattedra, che raggruppa matematica e scienze: a parte i motivi di tipo organizzativo, legati alla necessità di avere copertura di orario anche in scuole relativamente piccole, si oppongono anche ragioni di tipo strettamente didattico,

legate all'opportunità di mantenere una forte unitarietà di insegnamento. Ci si viene a trovare quindi di fronte a un doppio problema:

- Da una parte abbiamo la necessità di riqualificazione in servizio di un gran numero di docenti che, almeno in linea di ipotesi, potrebbero trovarsi a confronto con docenti di nuova formazione, provenienti dalle scuole di specializzazione e quindi provvisti di una formazione iniziale decisamente più omogenea;

- Dall'altra parte ci si va a scontrare con la riforma dei cicli scolastici, che di fatto abolisce la scuola media, rendendo necessarie sia l'identificazione di un curriculum per la fascia di età intermedia fra ciclo primario e ciclo secondario, sia la risistemazione degli insegnanti.

Per quest'ultimo punto, sarà opportuno cercare di evitare che, per coprire la fascia intermedia (sesto anno di scuola primaria, primo o primi anni di scuola secondaria), vengano proposte agli insegnanti di scuola elementare frettolose riconversioni, sullo stile "40 ore per tutta l'area scientifica, matematica compresa". Non si tratta di un'ipotesi totalmente campata in aria: operazioni del genere non costituirebbero infatti una novità. E' chiaro comunque che la questione non è esclusiva né della chimica né di tutta l'area scientifica, ma riguarda tutte le aree disciplinari.

In via (almeno per ora) del tutto teorica, un insegnante potrebbe essere in grado di gestire correttamente i contenuti e i metodi della materia di insegnamento solo se fosse in grado di compiere in modo autonomo le operazioni di mediazione didattica (vedi schema).

Schema di mediazione didattica



Per questo occorrerebbe raggiungere un buon livello di formazione (iniziale e in servizio) sia riguardo agli aspetti didattici, sia riguardo agli aspetti disciplinari, con sostanziale equilibrio fra tutte le discipline di interesse. Vista la differenziazione dei livelli di approfondimento a seconda del livello scolastico dell'insegnante (e quindi dell'ampiezza dell'area concettuale che deve essere più o meno dominata), è chiaro che le difficoltà della mediazione didattica saranno elevatissime per i docenti di scuola media, praticamente insuperabili per i docenti di scuola elementare. E' per questo che il materiale didattico che deve essere fornito agli insegnanti deve essere via via più rigidamente strutturato man mano che si procede verso i livelli scolastici inferiori.

Tornando alla riqualificazione degli insegnanti in servizio, una proposta sensata potrebbe essere gestita all'interno delle costituente scuole di specializzazione per la formazione degli insegnanti di scuola secondaria, la cui prima attivazione è prevista per il prossimo anno accademico. In effetti sarebbe un bel guaio se gli organismi universitari preposti alla gestione delle scuole limitassero la loro attenzione alla formazione iniziale: l'invecchiamento culturale degli insegnanti prodotti sarebbe solo questione di tempo. E' invece opportuno che l'università dia un concreto contributo per l'aggiornamento, affiancandosi naturalmente in questa operazione anche ad altri enti. Comunque, per concludere in modo estremamente sintetico, occorre far mente locale al fatto che la riforma dei cicli scolastici pone per gli insegnanti problemi che è bene non sottovalutare (già detto, ma *repetita iuvant*).

4. Come arrivare a una concreta proposta per la chimica.

4.1 Aspetti fondamentali

Anzitutto un'osservazione: come nella scuola elementare, anche nella fascia di età che va dai 10 ai 14 anni la chimica non può essere considerata una disciplina completamente autonoma; deve però iniziare la graduale transizione che porterà a conseguire questo risultato durante il periodo della scuola secondaria superiore. In ogni caso, quando ci si pone il problema di identificare una serie di contenuti irrinunciabili è opportuno pro-

cedere in modo strettamente disciplinare; sarà poi compito dell'insegnante tradurre in modo didatticamente efficace le proposte che gli vengono presentate, trovando i collegamenti opportuni con le altre aree disciplinari.

Occorre evitare di cadere nell'errore di fare riferimento a un corso universitario di chimica: a livello di scuola media gli aspetti formali di questa disciplina devono infatti costituire una parte fortemente minoritaria. E' però proprio questa la tendenza fondamentale di molti testi di chimica per la scuola secondaria superiore, che spesso riassumono un testo di chimica generale; e anche per i testi della scuola media la tentazione di fare un riassunto del riassunto può essere forte. Fra gli esempi possibili è particolarmente evidente quello dell'approccio particellare allo studio della materia, già oggetto di un precedente lavoro pubblicato su questa rivista.

In linea generale è invece possibile impostare un percorso didattico alla portata degli allievi se si tiene conto del livello medio di sviluppo cognitivo. Pur consapevoli del fatto che su questo dato influiscono moltissime variabili, per cui la schematizzazione piagetiana può a buon diritto essere considerata veramente un po' troppo schematica, possiamo però ritenere che un allievo di 11 – 12 anni (prima media) non sia in grado di interpretare modelli eccessivamente formalizzati (come ad esempio quello della struttura particellare), che non consentono collegamenti diretti con la realtà sensoriale (5). D'altra parte il livello della scuola media deve prevedere l'inizio della formalizzazione, per cui nel percorso complessivo si deve prevedere un passaggio graduale da un lavoro su base a forte prevalenza concreta a un lavoro che preveda anche aspetti formali.

Nel percorso didattico possiamo quindi prevedere le seguenti tappe fondamentali:

- Indagine riguardo agli aspetti macroscopici di alcuni materiali, sia per quanto riguarda la morfologia (aspetto, colore, stato fisico ecc.), sia per quanto riguarda alcune caratteristiche quali la densità, la durezza per i solidi, la viscosità per i liquidi. Uso di procedimenti quali confronto, classificazione, misurazione.

- Esame, sempre da un punto di vista macroscopico, di alcuni processi di trasformazione, senza forzare la mano con particolari etichettature del tipo

“trasformazione fisica” o “trasformazione chimica”. Esempi: formazione di miscele (eterogenee e omogenee), cambiamenti di stato fisico, trasformazioni chimiche macroscopicamente evidenti.

- Introduzione del modello particellare della materia, senza struttura delle particelle, in stretto collegamento con caratteristiche e fenomeni macroscopici. Cura particolare per una corretta rappresentazione iconica.

- Analisi della struttura delle molecole in termini di atomi. Rappresentazione iconica di alcune molecole ed eventuale uso di modelli molecolari. Rappresentazione iconica di alcune semplici trasformazioni chimiche. Collegamento fra la rappresentazione di una reazione e il principio di conservazione della materia.

- Introduzione dei simboli degli elementi; rappresentazione simbolica di alcune sostanze e di alcune semplici reazioni. Conservazione della materia e bilanciamento delle reazioni.

E' necessario evitare un'interpretazione rigidamente sequenziale dei punti elencati: in particolare il lavoro di tipo macroscopico deve essere sempre presente, soprattutto in relazione all'introduzione del modello particellare. In molti casi, infatti, lo studio della chimica viene ridotto a un esame puramente formale di una rappresentazione microscopica che finisce a non avere più alcun contatto con la realtà delle cose; occorre invece che gli allievi abbiano sempre ben chiaro il fatto che qualsiasi rappresentazione in termini di struttura particellare deve essere sempre agganciata a proprietà o fenomeni macroscopici.

Un'osservazione preventiva riguardo a una vistosa “lacuna” in questo primo elenco: mancano riferimenti ai concetti di sostanza pura, di elemento e di composto. A giudizio dello scrivente la mancanza è ben motivata dal tentativo di evitare tutte le definizioni che non possono essere in qualche modo connesse con aspetti macroscopici, e che quindi sono destinate a una cattiva “digestione” da parte di allievi di 11 – 14 anni. In effetti possiamo rilevare i seguenti punti:

- Il concetto di sostanza pura è un tipico concetto – limite, in quanto la purezza assoluta non è raggiungibile. Come compromesso si potrebbe attribuire la qualifica di purezza a campioni di sostanze nelle quali le impurezze sono presenti in piccola

quantità e, soprattutto, sono inessenziali per la determinazione delle proprietà dei campioni stessi. Si tratta però di un compromesso che difficilmente può essere recepito dal allievi di scuola media, e che in più pone grossi problemi logici: quale limite si pone per le “piccole quantità”? E soprattutto, come si fa a capire che le impurezze non determinano le caratteristiche del campione? E' assolutamente vero che riesce ben difficile parlare di miscele se non si è preventivamente chiarito il concetto di sostanza pura; d'altra parte, da un punto di vista didattico, appare preferibile “sfumare” il problema, facendo un riferimento generico al concetto di componente, dove per componente intendiamo un materiale del quale non ci interessa sapere “di che cosa è fatto”.

- Quanto ai concetti di elemento e composto, si va veramente nel difficile. In genere si segue la strada (e, da un punto di vista concettuale, si tratta di un'ottima strada) di definire elemento una sostanza pura che non può essere scomposta in sostanze più semplici; senza una preparazione adeguata, d'altra parte, un discorso del genere è destinato a restare privo di significato. In effetti, per il chimico del 1700 – 1800 una definizione simile era comprensibile in quanto fondata su dati sperimentali diretti: si trattava di una tipica definizione operativa, basata non tanto sulla certezza di non scomponibilità, quanto sulla sua impossibilità sperimentale. Non per nulla la lista di elementi proposta da Lavoisier conteneva un buon numero di elementi fasulli. Dal punto di vista dello studente di scuola media (e non solo) possiamo solo analizzare dati che possono essere interpretati in vario modo, e la cui interpretazione è spesso forzosamente determinata dall'obiettivo che si vuole perseguire. Un esempio sperimentale che viene proposto al riguardo è quello della decomposizione dell'ossido di mercurio per riscaldamento: dal momento che si ottengono ossigeno e mercurio, si deduce che la sostanza in esame è un composto e che ossigeno e mercurio possono essere elementi. Va benissimo ma, dal punto di vista di un allievo che non è in possesso di alcuna informazione preventiva, che differenze sperimentali ci sono rispetto al riscaldamento dello zolfo, con la conseguente produzione di anidride solforosa? Estrapolando i risultati ot-

tenuti per l'ossido di mercurio il nostro allievo potrebbe concludere che lo zolfo è un composto, formato da anidride solforosa e da qualche altra sostanza che non siamo in grado di evidenziare. E, lasciando da parte questi problemi di tipo logico, che cosa può significare per un allievo di scuola media la locuzione “sostanza più semplice”?

- Tutte le difficoltà spariscono se si fa riferimento al modello particellare della materia: una sostanza pura è un materiale formato da molecole tutte uguali, un elemento è una sostanza pura le cui molecole sono formate da un solo tipo di atomo. Ci si viene però a trovare di fronte a un'altra difficoltà di natura didattica: il modello particellare, che dovrebbe essere un modello esplicativo di concetti aventi una base sperimentale, diventerebbe in questo caso l'origine stessa dei concetti. In altri termini, se abbiamo un elemento qualsiasi (ad esempio l'ossigeno), il percorso da seguire sarebbe il seguente: a) è una sostanza pura in quanto formata da molecole tutte uguali; b) è un elemento in quanto la molecola è formata da atomi uguali; c) per quanto riguarda un allievo di scuola media, non può essere identificato alcun collegamento fra quanto è stato detto e un qualsiasi dato macroscopico: si tratta di pure e semplici affermazioni verbali.

4.2. Aspetti legati alla vita quotidiana

Si tratta di un settore che deve essere tenuto ben presente quando si progetta un curriculum didattico per un qualsiasi livello scolastico, ma soprattutto quando si ha a che fare con la scuola dell'obbligo. Nella definizione di ciò che può essere utile troviamo alcune difficoltà legate al criterio di scelta: ci si limita ai concetti di utilizzo immediato o si estende il campo ai concetti che hanno un interesse più che altro di tipo culturale, legato all'interpretazione dei numerosissimi messaggi dai quali siamo continuamente bombardati? Personalmente propendo per la seconda ipotesi, ritenendo la prima decisamente troppo restrittiva.

Fra gli aspetti chimici più importanti per le operazioni che una normale persona può avere modo di dover gestire possiamo collocare senz'altro i concetti correlati con la composizione di una miscela, non importa se eterogenea o omogenea. Si tratta di con-

cetti che presentano diverse connotazioni:

- abbiamo prima di tutto una forte correlazione con il concetto matematico di proporzionalità diretta, quando ad esempio si devono calcolare i quantitativi dei componenti da utilizzare per preparare un certo quantitativo di miscela, conoscendone la composizione percentuale o qualcosa del genere;

- abbiamo poi i problemi sperimentali, legati alle modalità pratiche di realizzazione di miscele delle quali vengano specificate le caratteristiche;

- infine abbiamo un aspetto sul quale in genere non si riflette abbastanza, quello di capire la composizione di un prodotto commerciale, composizione in genere riportata sull'etichetta.

Altri problemi molto importanti sono relativi alle precauzioni necessarie per maneggiare alcuni materiali di uso comune: è opportuno che un allievo della scuola dell'obbligo sia più di una volta informato sui rischi presentati, ad esempio, da sostanze infiammabili come l'alcool e la benzina o da sostanze velenose come la varechina. Queste informazioni non devono aver lo scopo di impedire la manipolazione di questi materiali, ma piuttosto di insegnare che cosa si deve fare e, soprattutto, che cosa non si deve fare. Per quanto riguarda gli incidenti domestici e l'uso di materiali combustibili in particolare, è ovvia la considerazione che non è necessario fermarsi all'esame dei pericoli e delle precauzioni per evitarli, ma che può essere opportuno un esame semplificato di ciò che accade in una combustione.

Per concludere questa brevissima panoramica iniziale, possiamo far riferimento a questioni di natura “ecologica”: un allievo che termina la scuola obbligatoria dovrebbe essere al corrente del fatto che la chimica può dare concrete indicazioni su come evitare molti fenomeni di inquinamento e su come gestire uno smaltimento controllato di rifiuti. Vista l'età degli allievi, è opportuno non procedere esclusivamente nella direzione dei problemi di grossa portata (sui quali peraltro è opportuno che vengano date alcune indicazioni), ma anche su aspetti ben dominabili: necessità di non sprecare combustibili, di non abusare di detersivi e prodotti per la pulizia in genere, di raccogliere correttamente le diverse categorie di rifiuti.

Evidente anche l'opportunità di sottolineare le contraddizioni stridenti fra le varie prese di posizione di tipo ecologisticheggiante e una gran quantità di messaggi pubblicitari che spingono nella direzione opposta.

4.3. Aspetti culturali

Decisamente più complesso è il problema delle componenti chimiche nella formazione culturale di un cittadino: si tratta infatti di identificare più livelli di uscita dalla scuola obbligatoria, in modo da non stabilire come riferimento un unico livello minimo. Il livello minimo, inteso come quella soglia che dovrebbe essere raggiunta da tutti coloro che escono dalla scuola media avendone conseguito il titolo di studio, deve essere giocoforza collocato piuttosto in basso; è quindi opportuno dare agli insegnanti strumenti che consentano anche ulteriori sviluppi per quegli allievi che manifestano per la chimica (ed è ovvio che il discorso può essere esteso a una qualsiasi altra disciplina) un interesse particolare.

Per la definizione di una proposta completa è necessario un ampio confronto di idee. Un lavoro di questo tipo potrebbe essere utilmente svolto all'interno di una commissione della Divisione Didattica della Società Chimica Italiana, come già avvenuto per la scuola elementare. Dal momento che la costituzione della commissione verrà tentata quanto prima, non ritengo che sia il caso di intervenire in questa sede con proposte specifiche; ritengo però opportuno iniziare l'operazione di delineamento del quadro all'interno del quale si potrebbe lavorare.

Anzitutto la definizione dell'utenza: il risultato del lavoro, possibilmente sotto forma di testo di una certa ampiezza, dovrebbe essere indirizzato sia agli insegnanti in servizio, sia agli iscritti delle scuole di specializzazione per l'insegnamento secondario. Per non arrivare a un prodotto destinato a diventare presto inutilizzabile, sarebbe opportuno fare un riferimento piuttosto elastico al livello di età (grosso modo da 10 a 15 anni), in modo da avere una fruibilità sia all'interno dell'attuale scuola media, sia nel periodo fine scuola primaria – inizio scuola secondaria del futuro ordinamento. Il 'doppio indirizzo' non dovrebbe comportare alcun problema: è chiaro infatti che l'obiettivo è costituito da un testo a carattere culturale e pratico, non da una sorta di

libro di testo per scuole di specializzazione.

La struttura del testo potrebbe seguire, con qualche aggiustamento, quella utilizzata per le scuole elementari: due sezioni, delle quali una a carattere culturale – metodologico, l'altra dedicata a schede che descrivono attività sperimentali. Sarebbe però necessario, vista la diversità della scuola a cui ci si indirizza, puntare a una maggior completezza e a una maggior organicità del prodotto finale. In altri termini, per la scuola elementare la prima parte si è concretizzata in una serie di monografie, ognuna delle quali ha una sua validità ma che non rappresentano un corpus completamente collegato; quanto alla seconda parte, l'organizzazione in livelli delle schede ha costituito un modello validissimo, che però ha avuto uno sviluppo molto limitato.

Per la parte culturale – didattica, vista la scrittura a più mani, le difficoltà di ottenere un insieme effettivamente omogeneo sono praticamente insormontabili; d'altra parte può essere opportuno procedere a raggruppamenti per costituire due o tre blocchi di lavori fra loro collegati. In termini più precisi, si può pensare di affiancare a una serie di contributi liberi anche una serie di contributi programmati, che affrontino quegli argomenti che all'interno della commissione verranno considerati di carattere prioritario.

Quanto alle schede, dovrebbe essere perseguito un obiettivo di completezza; si tratterebbe in pratica di concordare un insieme di lavori sperimentali che coprano in modo opportuno tutti i temi fondamentali di chimica che un buon insegnante dovrebbe essere in grado di proporre al livello della scuola media. Non ci si dovrebbero porre problemi riguardo all'ampiezza dei contenuti presentati: la logica da seguire dovrebbe essere infatti quella della lista quanto più possibile completa, dalla quale poi l'insegnante possa attingere quanto gli serve. Molta attenzione dovrebbe essere dedicata all'inquadramento, con le dovute schede di primo e secondo livello. Da notare che, in un lavoro che abbia le richieste caratteristiche di completezza, le sovrapposizioni possono essere numerose: una scheda di terzo livello può essere pertinente a più schede di secondo livello, una scheda di secondo livello può essere attribuita a più schede di primo livello.

Un aspetto che merita di essere discusso è relativo alla caratterizzazione delle schede di terzo livello, e quindi degli argomenti specifici che devono essere affrontati. E' bene limitarsi a ciò che è suscettibile di lavoro sperimentale (a livello di scuola media, quindi molto semplice), oppure può essere opportuna anche la trattazione di argomenti che possono essere affrontati solo verbalmente? Da un punto di vista strettamente culturale la seconda scelta sarebbe senz'altro preferibile: molte sono infatti le conoscenze di tipo chimico che, anche se non traducibili facilmente in lavoro pratico, pure possono presentare un interesse molto elevato; ovviamente le schede "verbali" dovrebbero essere strutturate in modo diverso rispetto alle schede sperimentali. E' però necessario tener conto del fatto che, trovandosi davanti materiale sia sperimentale, sia verbale, un insegnante può essere tentato di usare solo la parte verbale, evitando completamente il lavoro sperimentale e quindi falsando il risultato che si vuole ottenere.

5. Conclusioni

Deve apparire chiaro che quanto è stato ora presentato vuole costituire lo spunto iniziale per un lavoro collettivo, lavoro per il quale non dovrebbero mancare le forze vista la sua importanza per le sorti della chimica nei livelli scolastici che seguono la scuola media (non solo la scuola secondaria superiore, ma anche l'università). Per quanto riguarda la fattibilità i dubbi dovrebbero essere ben pochi, visto anche il precedente lavoro per la scuola elementare; diverso invece è il discorso per il problema dell'impatto sull'utenza. In effetti, e questo dato risulta abbastanza bene sia per il testo della scuola elementare, sia per altri testi di didattica disciplinare prodotti negli ultimi tempi, è molto carente la cultura dell'autoaggiornamento: o per una ragione o per l'altra, i livelli di diffusione sono molto scarsi. E' quindi molto elevato il rischio di confezionare un prodotto ottimo, ma che alla resa dei conti risulta di scarsissima utilità. D'altra parte è necessario insistere su questa strada; il momento potrebbe anche essere reso propizio dall'attivazione delle scuole di specializzazione per la formazione degli insegnanti di scuola secondaria, attivazione che (almeno si spera!) dovrebbe produrre una crescita di in-

teresse riguardo a testi validi di didattica disciplinare.

Ringraziamento

L'autore ringrazia l'amico Ermanno Niccoli per gli utili suggerimenti; fra l'altro è a lui direttamente dovuto lo schema rappresentativo della mediazione didattica.

Bibliografia e note

1) Vedi, ad esempio, M Laeng – Insegnare Scienze – La Scuola, Brescia 1998 e, utilissimi anche se non molto diffusi, gli Atti dei due seminari di studio su “L'insegnamento scientifico e tecnologico nella scuola media”, Punta Ala 1994, Senigallia 1995, reperibili su INTERNET al sito del MPI, settore Scuola Secondaria di Primo Grado, Pubblicazioni.

2) P. Riani - Le scuole di specializzazione per la formazione degli insegnanti: problemi per la scuola secondaria di primo grado – Atti della Conferenza nazionale sull'insegnamento della chimica – Bologna, 1998 (in preparazione).

2 bis) Nota aggiunta in fase di stampa. Al momento attuale (maggio 1999) la situazione appare in evoluzione: è stato infatti proposto, in alternativa allo schema 6 anni ciclo primario + 6 anni ciclo secondario, un nuovo schema costituito da 7 anni primario + 5 secondario, con il ciclo primario diviso in 4 + 3 anni. Quest'ultima versione resuscita evidentemente la scuola media, anche se anticipata di un anno; le considerazioni svolte in questo articolo sono comunque ancora valide, ad esclusione di alcune di carattere puramente tecnico (problema degli insegnanti per il sesto anno del ciclo primario, problema delle scuole di specializzazione). E' però anche evidente che, per avere un quadro chiaro della situazione, si dovrà aspettare il varo dello schema definitivo.

3) Occorre far chiarezza sull'accezione del termine “contenuti”. Premesso che non sono completamente d'accordo sul fatto che un qualsiasi concetto può essere reso accessibile a qualsiasi livello di età, direi che per quanto ci interessa il significato di

“contenuto” deve essere inteso come un qualcosa che deriva sia da un concetto, sia dalla sua traduzione didattica. Il fatto che un contenuto sia adatto a una certa età dipende quindi sia dal concetto sottostante (che, per l'età in esame, può essere intraducibile o quantomeno difficilmente traducibile), sia dal tipo di traduzione.

4) A.A.V.V.- La chimica alle elementari – A cura di R. Andreoli, F. Carasso Mozzi, L. Contaldi, S. Doronzo, P. Fetto, P. Riani – Giunti & Lisciani, Firenze 1996.

5) A dire il vero, sarebbe il caso di approfondire la questione della capacità di ragionamento formalizzato: vi sono esempi, guarda caso relativi alla matematica, che dimostrano che in molti allievi di scuola elementare questa capacità è nettamente più sviluppata del previsto. Vedi al riguardo A.A.V.V. – Processi cognitivi e apprendimento della matematica – A cura di G. Prodi – La Scuola, Brescia 1984.

**Esonero
Ministeriale
richiesto**

**Dipartimento di Chimica
Università degli Studi di Bari**

**Società Chimica Italiana
Divisione di Didattica**

XI CONGRESSO DELLA DIVISIONE DI DIDATTICA DELLA S.C.I.

Bari 12 - 16 dicembre 1999

Comitato Scientifico

Mario Anastasia
Rosarina Carpignano
Luigi Cerruti
Giacomo Costa
Salvatore Doronzo
Pasquale Fetto
Ermanno Niccoli
Livia Mascitelli
Paolo Mirone
Tiziano Pera
P. Edgardo Todesco
Eugenio Torracca

Comitato Organizzatore:

Salvatore Doronzo (presidente)
Luigi Lopez (vice presidente)
Francesco Cappelluti (segretario)
Cosimino Malitesta
M. Antonia Guarnieri
M. Rosaria Tancredi
Eugenia Paradiso

Per informazioni:

Prof. S. Doronzo
Dipartimento di Chimica
Via Orabona, 4 - 70126 Bari
Tel. 080.5442100 Fax 080.5442129
E-mail doronzo@chimica.uniba.it

Prof. F. Cappelluti

Dipartimento di Chimica
Via Orabona, 4 - 70126 Bari
Tel. 080.5442107 Fax 080.5442129
E-mail f.cappelluti@chimica.uniba.it

sito web. <http://www.chim.uniba.it/congressi/edichem99>

La scheda di pre - iscrizione è in quarta di copertina

L'ENERGIA

Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica

Parte seconda:

Gli shemi mentali degli allievi

Lavoro eseguito con il contributo del MURST. Fondi 40% - Progetto: Insegnamento ed apprendimento della chimica.

Riassunto

Questo articolo è la seconda parte di una ricerca sulle concezioni di allievi della scuola media inferiore a proposito dell'energia. Vengono qui riportati i risultati di due indagini: con la prima, si sono invitati gli allievi a precisare cosa intendano per energia; con la seconda, si è chiesto agli allievi di indicare in quale modo si manifesta l'energia in alcune situazioni particolari. I risultati consentono di mettere in evidenza gli schemi interpretativi più comuni e le sovrastrutture latenti (patterns) che sono i fondamenti delle idee che gli allievi manifestano a proposito dell'energia. Nella terza parte di questo lavoro sarà illustrata una sequenza didattica nella quale il concetto di energia viene introdotto con un approccio di tipo sistemico e modellistico.

Abstract

In the first part of this study some results were reported concerning the semantic field associated by pupils aged 11-14 to the term energy. The second part of the study, presented in this article, deals with the analysis of the pupils' conceptual frameworks about energy based mainly on their definitions of energy and on their description of different pictures concerning energy. In the third part of the work a teaching sequence will be illustrated based on a systemic

GIANNI CONDOLO (*)

EZIO ROLETTA (**)

and model approach to the concept of energy.

I - COSA È L'ENERGIA?

Come si è visto nella prima parte di questo lavoro, la tecnica dell'associazione di parole consente di mettere in evidenza i sistemi ed i fenomeni che allievi di scuole medie associano con maggior frequenza al termine stimolo energia. Con altri strumenti di indagine, è possibile risalire alle loro concezioni dell'energia, ossia agli schemi concettuali con i quali gli allievi danno senso e significato a questo concetto. In questo articolo vengono presentati e discussi i risultati ottenuti con due questionari aventi lo scopo di mettere in evidenza le idee degli allievi sulla natura dell'energia e su come essa si manifesta. A 95 allievi della classe prima, a 100 della classe seconda e a 107 della classe terza di scuole medie della Regione Piemonte, è stato chiesto di rispondere per iscritto alla domanda: Secondo te, cosa è l'energia? nel tempo massimo di cinque minuti. Come già si è sottolineato nella prima parte di questo lavoro, non si intende estrapolare i risultati ottenuti all'insieme degli allievi della scuola media italiana. Tuttavia siamo dell'avviso che la situazione riscontrata, lungi dall'essere unica ed irripetibile, sia abbastanza diffusa. Per tale motivo riteniamo che i risultati di questo lavoro possano interessare un certo numero di insegnanti di scienze che probabilmente si interrogano sull'efficacia del proprio intervento didattico.

1 - SCHEMI INTERPRETATIVI

Diversi autori hanno condotto studi

sulle concezioni di allievi di età differente a proposito dell'energia, ma è a Watts[1] che si deve la proposta di un complesso di sette schemi concettuali usati dagli allievi per dare senso e significato all'idea di energia. Gli schemi interpretativi proposti da Watts sono i seguenti:

1. *Antropocentrico*: l'energia è associata con esseri umani.
 2. *Deposito*: alcuni corpi possiedono energia e la consumano.
 3. *Componente*: l'energia è un componente latente di alcuni corpi e può essere liberata.
 4. *Attivo*: l'energia è una manifestazione esterna palese di una attività.
 5. *Prodotto*: l'energia è un sottoprodotto di una situazione.
 6. *Funzionale*: l'energia è vista come un tipo generico di combustibile associato con processi che rendono confortevole la vita.
 7. *Flusso o trasferimento*: l'energia è vista come un tipo di fluido trasferito nel corso di un processo.
- Trumper [2] ha proposto di suddividere lo schema 2 (Deposito) in due schemi: l'uno relativo all'idea di *energia latente*, nel quale entrano definizioni che rimandano ad una concezione dell'energia come qualcosa di *passivo* che certi corpi possiedono e possono liberare sia in modo spontaneo che in seguito ad intervento esterno; l'altro relativo all'idea di *energia attiva*, nel quale entrano definizioni che rimandano ad una concezione della energia come qualcosa che *fa avvenire le cose*. Tenendo presente le proposte di questi due ricercatori, gli schemi interpretativi che si possono identificare nelle definizioni di energia elaborate dagli allievi della nostra indagine sono i seguenti:

A - Antropocentrico: l'energia è associata con esseri umani.

B - Latente: l'energia è associata a corpi che possono liberarla.

(*) ITIS "A.Sobrero", Casale Monferrato (AL)

(**) Dipartimento di Chimica Analitica,
via Pietro Giuria 5, 10125 Torino

-Gruppo di Didattica della Chimica Università di Torino

C-Attivo: l'energia è qualche cosa che fa funzionare le cose.

D-Prodotto: l'energia è un sottoprodotto di una situazione.

E-Funzionale: l'energia è vista come un tipo generico di combustibile associato con processi che rendono confortevole la vita.

F-Flusso o trasferimento: l'energia è vista come un tipo di fluido trasferito nel corso di un processo.

G-Definizione: energia come abitualmente definita nei manuali scolastici.

H-Altro.

Nello schema esplicativo **G**, chiamato **Definizione**, rientrano le frasi riferibili alle definizioni di energia abitualmente riportate nei manuali scolastici.

In base a questi risultati, si possono sviluppare tre considerazioni. In primo luogo, è da sottolineare che la somma delle percentuali delle categorie C ed A supera il 50%, per le classi prima e seconda, mentre sfiora tale valore per la classe terza: questo indica che gli allievi interpretano l'energia ricorrendo soprattutto a questi due schemi. In secondo luogo, risulta evidente che lo schema interpretativo C (*attivo*) è di gran lunga prevalente su quello A (*antropocentrico*), come ha constatato Trumper[2] nel caso di allievi israeliani. Infine, l'ultima considerazione riguarda le variazioni delle frequenze di ciascuna categoria nel passaggio dalle classi prime alle terze. Per com-

La combinazione delle due diverse tendenze dei coefficienti di regressione porta ad una progressiva perdita di significatività, in termini di energia, per le categorie C ed A e, per contro, un incremento per le categorie B, F, G ed H. Le categorie D ed E non sono influenzate dalla tendenza al livellamento perché, anche se i loro coefficienti di regressione sono negativi, i coefficienti di determinazione sono pressoché nulli: un coefficiente di determinazione prossimo allo zero indica che la variazione della variabile esplicata non è legata alla variazione della variabile esplicativa.

2-LIVELLI DI GENERALIZZAZIONI

Joan Solomon [3] afferma che è pos-

Tabella 1. Cosa è l'energia? Percentuali di risposte attribuite ai diversi schemi interpretativi per ogni livello di scolarità

	SCHEMI CONCETTUALI	CLASSI			Esempi	Coeff. di regress. X 10	Coeff. di determin.
		PRIMA	SECONDA	TERZA			
A	Antropocentrico	28,5	10,5	20,1	l'energia è associata agli esseri umani e ad altri viventi	-42	0,22
B	Latente	6,7	8,5	9,2	vi sono cose che possono fornire energia	12,5	0,94
C	Attivo	40,0	45,0	29,3	l'energia fa funzionare delle cose	-53,5	0,44
D	Prodotto	4,8	13,2	4,3	l'energia è il risultato di un processo di trasformazione	-2,5	0,00
E	Funzionale	10,3	3,2	9,8	l'energia rende confortevole la vita o permette di ricavare delle cose	-2,5	0,00
F	Flusso o trasferimento	1,2	1,1	3,3	l'energia ha le proprietà di un fluido (energia intesa come calorico)	10,5	0,72
G	Definizione	3,6	1,1	13,0	l'energia è definita con termini come: lavoro, velocità, massa, ...	47	0,56
H	Altro	4,8	17,5	10,9		30,5	0,23

Nella tabella 1 sono riportate le percentuali di risposte attribuite ai diversi schemi interpretativi per ogni livello di scolarità. Le percentuali sono calcolate sul numero complessivo di schemi individuati nelle risposte e non sul numero di allievi, in quanto in molte risposte si fa riferimento a più di uno schema.

* Si considera l'anno scolastico come variabile esplicativa e la frequenza come variabile esplicata.

Il coefficiente di determinazione è il quadrato del coefficiente di correlazione ed esprime la proporzione di varianza della variabile esplicata che viene "spiegata" dalla variabile esplicativa.

prendere il significato di queste variazioni si è determinato il coefficiente di regressione lineare* e di determinazione# per ciascuna categoria. Il coefficiente di regressione relativo alle categorie A e C è fortemente negativo (rispettivamente - 42 e - 53,5), è leggermente negativo per le categorie D ed E (- 2,5 per entrambe), mentre è positivo per le categorie B, F, G ed H (rispettivamente +12,5, +10,5, +30,5 e +47). Come è noto, il segno negativo del coefficiente di regressione indica una diminuzione della variabile esplicata (la frequenza) al crescere dei valori della variabile esplicativa, mentre il segno positivo rappresenta un suo aumento.

sibile ricavare informazioni interessanti sulla formazione del concetto di energia dall'analisi delle risposte fornite alla domanda "Cos'è l'energia?". Infatti essa sostiene che un concetto acquista valore cognitivo quanto più è decontestualizzato e quindi applicabile a situazioni diverse. Per classificare, da questo punto di vista, le risposte fornite dagli allievi, si sono adottati i quattro livelli di generalizzazione proposti da Solomon, tenendo presente che la generalizzazione più semplice coinvolge due processi: vi deve essere un *confronto* tra due diverse situazioni in cui entra in gioco l'energia e tale confronto deve mettere in evi-

denza una **caratteristica comune**.

Il livello zero è quello in cui l'allievo non riesce ad individuare le caratteristiche comuni a due o più situazioni. Vengono, quindi, assegnati al livello zero gli allievi che si limitano a fornire esempi di energia, come nella seguente frase:

per me energia significa quella che produciamo mediante le centrali idroelettriche e quella che ci arriva dal sole.

Il livello uno, che segna l'avvio del processo di generalizzazione, si riferisce ad una situazione leggermente più evoluta della precedente, alla quale vengono attribuite risposte del tipo: *è una forza che serve per riscaldare, illuminare, ecc....*

In questa frase varie situazioni sono accomunate, anche se in modo molto vago, mediante il termine *forza* che, come si è visto nella prima parte di questo lavoro, è per gli allievi un si-

gnificare in contesti non specifici che costituisce la caratteristica comune ed indica che l'allievo è in grado di generalizzare il significato del concetto *energia*.

Sulla base di questi livelli, si sono classificate le risposte degli allievi alla domanda "Secondo te, cos'è l'energia?" ed i risultati sono riportati nella tabella 2. Le variazioni delle percentuali, nel passaggio dalla classe prima alla terza, indicano che sale la percentuale di coloro che iniziano a generalizzare ma segnalano pure che diminuisce la percentuale di quanti sono in grado di generalizzare e che rimane praticamente costante la percentuale degli allievi che non sono in grado di effettuare alcuna generalizzazione.

3 - DISCUSSIONE

In base alla classificazione delle definizioni secondo il modello degli sche-

segnamento, nel corso del quale gli insegnanti hanno illustrato agli allievi situazioni specifiche in cui si manifesta un tipo "particolare" di energia: quella potenziale (un bacino idroelettrico), il cibo, tutti i "materiali energetici" quali petrolio, metano, gas, ecc....

In base ai risultati, si può affermare che gli allievi sanno individuare gli ambiti in cui si manifesta l'energia e come questa agisce, anche se ciò avviene unicamente in riferimento a contesti molto ben definiti. Ad esempio, gli allievi sanno che l'energia fa funzionare le apparecchiature elettriche e meccaniche e che agevola la vita agli esseri umani. Per contro, sembra che l'insegnamento non fornisca alcun contributo allo sviluppo di schemi interpretativi che consentano di decontestualizzare gli svariati "eventi energetici" e di interpretarli con un unico modello. In base ai

Tabella 2. Percentuali di allievi per i vari livelli di generalizzazione del concetto di energia

	GENERALIZZAZIONI	PRIME	SECONDE	TERZE	Media percentuale	Variazione percentuale
1	<u>Nessuna</u> Generalizzazione	39,2	39,4	2,1	40,2	2,4
2	<u>Inizio</u> di una generalizzazione	18,9	25,8	29,8	24,8	14,6
3	<u>Generalizzazione</u>	37,8	30,3	26,3	31,5	-12,2
4	Altro	4,1	4,5	1,8	3,5	

gnonimo di energia.

Secondo Solomon, si può ritenere che il concetto sia in via di *decontestualizzazione* quando vi è un'idea generale di come opera l'energia, di cosa è in grado di fare, anche se all'interno del singolo contesto, come nella seguente frase:

l'energia è una elettricità che fa funzionare i macchinari.

In questa frase, il termine elettricità fissa un contesto preciso che limita la generalizzazione insita nel verbo *funzionare* usato per descrivere la caratteristica peculiare dell'energia.

Al terzo ed ultimo livello appartengono le vere e proprie generalizzazioni come nei seguenti esempi:

l'energia è una forza che fa muovere praticamente tutto il mondo, oggetti e anche persone;

l'energia è una forza che permette di azionare varie cose e produrne altre.

Il sostantivo *forza* è solo un sinonimo e non contribuisce alla generalizzazione. E' l'uso dei verbi *muovere* e

mi interpretativi, è possibile affermare che per gli allievi l'energia è qualcosa **che fa funzionare le cose** (in modo particolare gli elettrodomestici), **che mantiene in vita gli esseri viventi** (con il cibo, con il calore, ecc.) e **che rende confortevole la vita** (con le automobili, con i termosifoni, ecc.). Per le classi seconde, a differenza delle altre due, si aggiunge l'idea che l'energia sia il frutto di una trasformazione, mentre nelle classi terze compaiono le definizioni scientifiche (energia cinetica e potenziale, il lavoro, la velocità e la massa), argomenti trattati, di norma, nel terzo volume dei manuali scolastici.

Passando dalla classe prima alla terza, diventa meno frequente lo schema interpretativo dell'energia come *qualcosa che fa funzionare le cose* a favore di schemi interpretativi più limitati del tipo *qualcosa di latente nei corpi, in grado di liberarsi in opportune condizioni* o del tipo *definizioni scolastiche*. Questo andamento sembra una conseguenza dell'in-

risultati ottenuti, si può quindi affermare che l'approccio adottato nell'insegnamento attuale non permette, come recitano i programmi, di "far giungere gli allievi ad una sufficiente comprensione" del concetto di energia.

II - ENERGIA E SISTEMI

4-RAPPRESENTAZIONI ICONICHE

Per studiare le idee degli allievi sulle relazioni tra sistemi reali ed energia si è usato un questionario, sottoposto a 160 allievi della classe prima, a 164 allievi della classe seconda e a 158 allievi della classe terza di alcune scuole medie del Piemonte. Ad ogni allievo è stato consegnato un foglio sul quale erano raffigurati 15 sistemi scelti in modo da rappresentare situazioni comuni nelle quali entra in gioco l'energia. Nella figura 1 sono riportati, a titolo di esempio, due dei 15 disegni che figurano nel questionario:

1) un traliccio dell'alta tensione;

- 2) un cubetto di ghiaccio fondente;
- 3) un treno in corsa;
- 4) una catasta di legna;
- 5) un gatto dormiente;
- 6) il sole che splende;
- 7) un uomo che cammina;
- 8) una torta;
- 9) un oleodotto;
- 10) una lampadina accesa;
- 11) un vaso di fiori;
- 12) un bidone di benzina;
- 13) un televisore acceso;
- 14) una pila;
- 15) un fulmine.

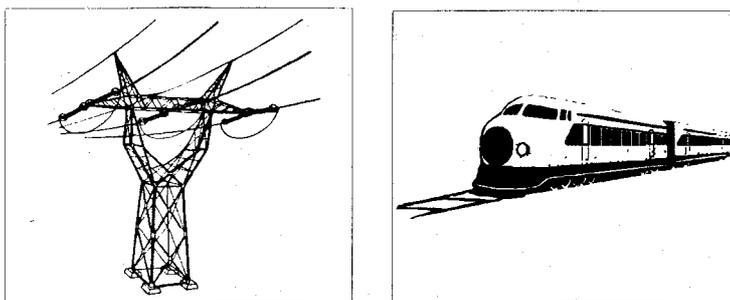


Figura 1. Esempi di disegni che rappresentano due dei quindici sistemi proposti agli allievi

Ogni disegno è accompagnato da una serie di espressioni in cui sono indicati dieci possibili relazioni tra energia e sistema:

- 1) è energia;
- 2) possiede energia;
- 3) è un deposito di energia;
- 4) consuma energia propria;
- 5) consuma l'energia che gli viene fornita;
- 6) produce energia;
- 7) trasporta energia;
- 8) è una sorgente di energia;
- 9) trasforma l'energia;
- 10) cede energia;
- 11) altre risposte.

Agli allievi è stato chiesto di associare, ad ogni disegno, una delle dieci espressioni oppure di scriverne una ritenuta adeguata e non compresa tra quelle previste dal questionario. In un primo tempo, si chiedeva agli allievi di giustificare la scelta dell'espressione associata ai disegni. E' però risultato evidente, nella fase di prova dello strumento di indagine, che i ragazzi non riuscivano ad argomentare le loro scelte e quindi questa opzione è stata abbandonata nella versione definitiva.

I sistemi rappresentati nelle 15 figure possono essere suddivisi in sei categorie: Fenomeni naturali, Esseri viventi, Cibi e Combustibili, Consumatori di energia, Trasportatori di energia e Contenitori di energia (vedi la tabella sottostante).

Le risposte fornite dagli allievi sono riassunte in tabelle a doppia entrata

Tabella 3. Rappresentazioni iconiche - Percentuali di allievi, della stessa classe Prima, che indicano i modi di manifestarsi dell'energia nei 15 sistemi

	è energia	possiede energia	è undeposito di ener.	consuma en. propria	consuma en. ricevuta	produce energia	trasporta energia	permette di ricavare en.	trasforma energia	cede energia	altre risposte
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Traliccio	3	3	0	0	0	5	84	2	2	2	0
2 Ghiaccio	3	9	1	30	11	8	1	18	3	14	3
3 Treno	0	8	1	8	74	3	3	2	1	1	0
4 Legna	6	9	9	5	3	14	3	41	1	6	4
5 Gatto	1	30	10	23	13	13	0	4	0	3	4
6 Sole	33	13	5	3	0	25	1	3	0	18	1
7 Uomo	1	17	1	64	11	1	0	1	1	3	1
8 Torta	11	24	5	1	2	14	2	17	2	19	4
9 Oleodotto	2	11	8	3	5	4	55	6	1	1	3
10 Lampadina	5	14	2	13	43	10	1	1	6	4	1
11 Fiori	4	14	2	18	34	9	0	2	7	6	5
12 Benzina	19	16	22	5	2	11	3	15	0	4	3
13 Televisore	3	14	3	13	57	3	1	0	6	1	1
14 Pila	13	29	15	10	2	8	1	6	1	13	2
15 Fulmine	44	27	3	2	1	9	3	7	1	4	1

di cui viene fornito un esempio (tabella 3, relativa alla classe prima). Le tabelle, suddivise in colonne e righe, formano delle celle accanto alle quali figurano, in senso verticale i nomi dei 15 sistemi (alcuni dei quali sono stati semplificati per motivi di spazio, come ad esempio Benzina invece di Bidone di benzina). In senso orizzon-

Categorie e Sistemi

Fenomeni naturali	Esseri viventi	Cibi e Combustibili	Consumatori di energia	Trasportatori di energia	Contenitori di energia
Sole Fulmine	Uomo Gatto Pianta di fiori	Legna Torta	Ghiaccio Treno Televisore acceso Lampadina accesa	Traliccio Oleodotto	Pila Bidone di benzina

tale sono riportate le dieci relazioni tra sistema ed energia. Nelle celle figurano le percentuali degli effettivi delle risposte date dagli allievi ad ogni coppia "sistema - modo in cui si manifesta l'energia". L'ultima colonna contiene risposte casuali od errate e, per questa ragione, non verrà considerata nell'analisi.

5. ANALISI MULTIVARIATA

L'analisi multivariata può essere definita come l'applicazione di tecniche statistiche che permettono di trattare un insieme elevato di misure - cioè di variabili - relative ad ogni oggetto o elemento di uno o più campioni; quindi l'analisi multivariata prende in considerazione le relazioni simultanee esistenti tra più variabili. In altre parole, le tecniche multivariate permettono di analizzare le covarianze o correlazioni che riflettono l'entità della relazione fra tre o più variabili. Nel nostro caso, mediante l'applicazione di queste tecniche si mira, da una parte, a capire come gli allievi riconoscono i sistemi in termini di energia e, dall'altra, a mettere in evidenza le concezioni che essi hanno dell'energia. Tra i metodi multivariati a disposizione, ne sono stati usati tre: l'analisi fattoriale, il metodo delle differenze percentuali e il metodo di graduazione multimedimensionale[4]. Ciascuno dei tre metodi di analisi ha fornito informazioni che completano quelle fornite dagli altri due. L'analisi dei fattori ha messo in evidenza che gli allievi individuano tre gruppi di sistemi, mentre gli altri due metodi hanno evidenziato le distinzioni che gli allievi operano tra i sistemi che costituiscono un certo gruppo.

5.1 Analisi fattoriale

L'analisi fattoriale permette di studiare le interrelazioni tra le variabili al fine di trovare un nuovo insieme di variabili, in numero ridotto rispetto a quelle originali, che esprimono ciò che vi è di comune tra queste ultime. In altri termini si può affermare che con l'analisi fattoriale si tenta di spiegare le relazioni complesse e diverse che esistono tra un gruppo di variabili osservate (i 15 sistemi), mettendo in luce dimensioni o fattori comuni non osservabili, detti anche dimensioni latenti (patterns), che legano tali variabili e che, di conseguenza, permettono di scoprire la struttura nascosta dei dati. Partendo da una matrice di dati, ovvero di varianze-

covarianze, si ricercano le cosiddette "componenti principali". Queste rappresentano le combinazioni lineari delle variabili, tra loro indipendenti, la cui varianza eguaglia quella osservata. La componente che estrae la massima variabilità della matrice di dati si chiama "componente principale". La seconda, non correlata con la prima, è quella che estrae la massima variabilità residua. E' così le altre, fino all'ultima estraibile. Il numero delle componenti estraibili è detto "dimensionalità della matrice". Per semplificare, si immagini un sistema di assi (dimensioni), passanti per la stessa origine, la cui lunghezza è proporzionale alla varianza mentre i coseni degli angoli tra i vari assi sono dati dai coefficienti di correlazione. Se due variabili hanno parte della varianza in comune, cioè sono molto correlate tra loro, l'angolo descritto dai loro assi è così piccolo che la distanza tra due elementi qualsiasi, rispetto alle due variabili, è quasi uguale alla distanza su uno solo dei due assi. L'asse così individuato rappresenta una dimensione latente e le due variabili, ossia i due sistemi nel nostro caso, si riferiscono ad un'unica rappresentazione o concezione energetica. Queste operazioni hanno prodotto tre grafici, ognuno dei qua-

menti sono posizionati nel piano (da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto) equivale a spiegare le intercorrelazioni tra gli elementi stessi. I risultati di questo tipo di analisi sono riportati nelle figure 2, 3 e 4 che, come si può notare, risultano assai simili tra loro. In esse sono rappresentati tre grafici bidimensionali ottenuti con l'impiego dei primi due fattori, vale a dire quelli che spiegano la più alta percentuale cumulata, circa il 59%, della varianza. Questo valore percentuale, pur non essendo molto elevato, separa i sistemi e, formando tre gruppi, li dispone nei vari quadranti:

I, IV quadrante. 1° gruppo: Uomo, Gatto, Fiori, Ghiaccio, Treno, Televisore e Lampadina;

II quadrante. 2° gruppo: Pila, Benzina, Legna, Torta, Sole e Fulmine;

III quadrante. 3° gruppo: Traliccio e Oleodotto.

I sistemi del 2° e 3° gruppo sono ben raggruppati ed inseriti interamente nei rispettivi quadranti, mentre i sistemi del 1° gruppo, per le classi seconda e terza, sono leggermente dispersi e disposti tra il primo ed il quarto quadrante. Nonostante le figure abbiano un aspetto asimmetrico rispetto all'asse delle ordinate, è possibile riconoscere che la dimensione

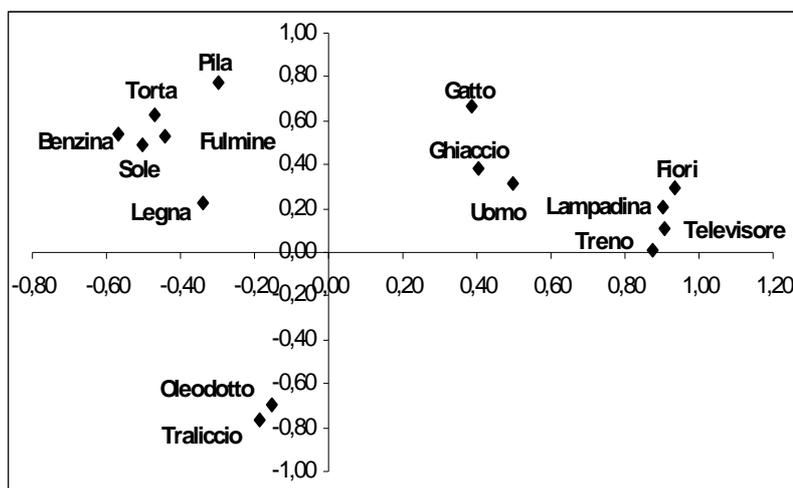


Figura 2. Analisi fattoriale dei dati relativi alla prima classe

li è composto da due assi cartesiani ortogonali e da punti che, distribuiti nel piano con un certo criterio, rappresentano gli elementi oggetto dell'analisi. Gli assi rappresentano i primi due fattori (le dimensioni principali), mentre le posizioni degli elementi nel piano sono determinate dai punteggi fattoriali che ciascun elemento assume sui due fattori. Comprendere il criterio con il quale gli ele-

orizzontale separa nettamente i sistemi del 2° e 3° gruppo da quelli del 1° gruppo, mentre la dimensione verticale distingue i sistemi del 3° gruppo da quelli del 1° e 2° gruppo. La formazione dei tre gruppi indica che, per gli allievi delle tre classi, i 15 sistemi appartengono a tre super-categorie: Consumatori di energia, Fonti di energia e Trasportatori di energia: 1) i sistemi del primo gruppo,

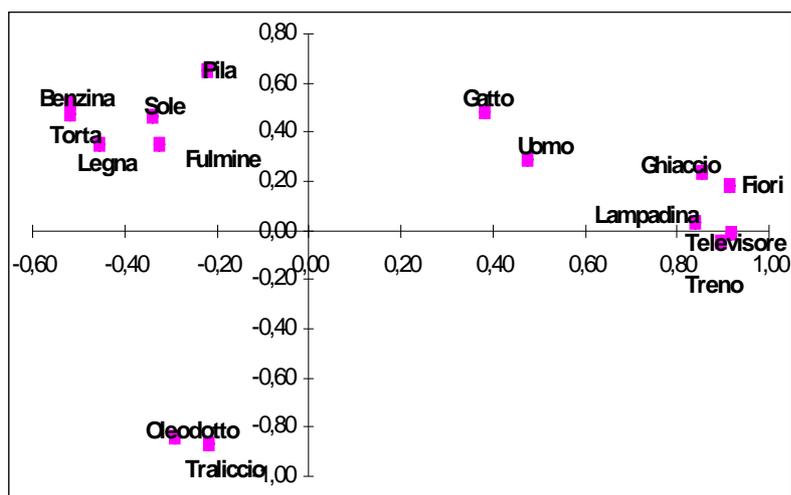


Figura 3. Analisi fattoriale dei dati relativi alla seconda classe

2) i sistemi del secondo gruppo, catalogati come “Fenomeni naturali”, “Cibi e Combustibili” e “Contenitori”, sono considerati *Fonti di energia*;
 3) infine, i sistemi del terzo gruppo, che appartengono tutti alla stessa categoria, sono considerati *Trasportatori di energia*.

5.2 - Differenze percentuali

Il secondo metodo, quello delle differenze percentuali, consente di analizzare in modo più dettagliato le distanze che separano i sistemi appartenenti alla super-categoria “Fonti di energia” e di individuare una terza dimensione: quella che scompone le “Fonti” in *Contenitori di energia* e *Produttori di energia*. Le figure 5, 6 e 7 sono state ottenute ipotizzando che i 15 sistemi si possano raggruppare nelle seguenti 5 categorie: *Trasportatori di energia*, *Consumatori di energia*, *Contenitori di energia*, *Produttori di energia* e *Trasformatori di energia*.

I dati relativi a questi raggruppamenti sono riportati nella tabella 4. La formazione delle cinque categorie è stata possibile sommando opportunamente i valori percentuali che figurano in tabelle del tipo della tabella 3. La categoria dei “Contenitori” si ottiene sommando i valori delle colonne relative ai seguenti *modi con cui si manifesta l'energia*: “è energia”, “possiede energia” ed “è un deposito di energia” (colonne 1, 2 e 3). La categoria dei “Consumatori” si ottiene sommando i valori delle colonne relative a “consuma energia propria” e “consuma energia ricevuta” (colonne

Figura 4. Analisi fattoriale dei dati relativi alla terza classe

catalogati come “Esseri viventi” e “Sistemi che consumano energia”, sono considerati *Consumatori di energia*;

Tabella 4.
Rappresentazioni iconiche-Formazione delle categorie

		Classe Prima					Classe Seconda					Classe Terza				
		Contenitori	Consumatori	Produttori	Trasportatori	Trasformatori	Contenitori	Consumatori	Produttori	Trasportatori	Trasformatori	Contenitori	Consumatori	Produttori	Trasportatori	Trasformatori
1	Traliccio	6	0	9	84	2	9	4	12	74	1	4	0	4	92	1
2	Ghiaccio	14	41	39	1	3	13	48	29	0	8	16	49	23	1	9
3	Treno	9	82	6	3	1	13	81	1	2	2	6	89	2	1	0
4	Legna	25	8	61	3	1	31	4	60	2	1	35	3	58	2	7
5	Gatto	41	35	21	0	0	29	43	26	1	1	31	43	25	0	1
6	Sole	51	3	46	1	0	55	9	35	0	0	45	4	49	0	22
7	Uomo	19	75	4	0	1	15	77	7	0	1	13	78	4	1	1
8	Torta	39	3	51	2	2	37	1	57	1	1	37	1	58	1	17
9	Oleodotto	21	8	12	55	1	17	1	13	65	2	15	1	13	68	1
10	Lampadina	21	56	15	1	6	23	49	20	2	7	17	41	27	1	9
11	Fiori	20	52	16	0	7	21	46	20	0	12	16	43	14	1	2
12	Benzina	57	7	31	3	0	66	3	29	1	1	58	1	37	2	4
13	Televisore	19	70	3	1	6	13	72	9	1	4	9	82	4	0	3
14	Pila	57	12	28	1	1	68	13	18	0	1	63	8	23	1	6

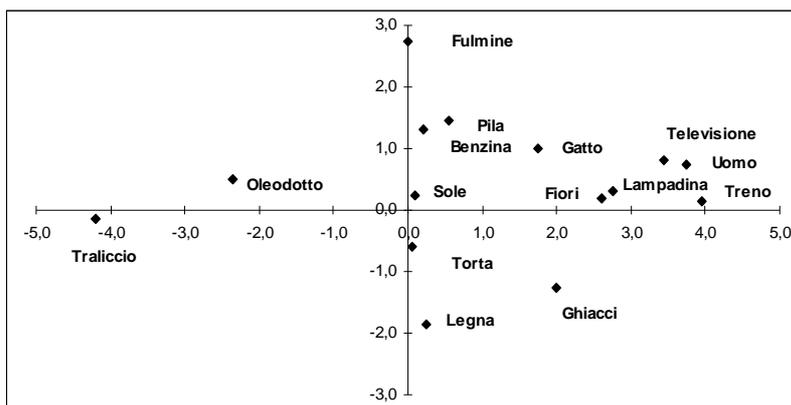


Figura 5. Differenze percentuali dei dati relativi alla classe prima

$$y_i = \frac{\text{Cont}_i - \text{Prod}_i}{20}$$

dove x_i e y_i sono le coordinate dell' i esimo sistema e Cont_i , Trasp_i , Cont_i e Prod_i sono le corrispondenti somme nelle quattro categorie. Questi valori sono riportati nelle colonne X e Y della tabella 5.

In questo modo sono state determinate le coordinate dei sistemi in un riferimento di assi ortogonali XY, dove l'asse delle X rappresenta il binomio *Trasportatori - Consumatori*, mentre l'asse delle Y rappresenta il binomio *Produttori - Contenitori*. Ciascuno dei due assi, quindi, divide il piano in due semipiani: l'asse delle Y separa i "Trasportatori" dai "Consumatori" e l'asse delle X separa i "Produttori" dai "Contenitori". Dato che gli allievi attribuiscono, anche se in varia misura, le caratteristiche delle 5 categorie a tutti i sistemi, le loro posizioni si devono interpretare nel senso di "vicinanza-lontananza" dagli assi. Ad esempio il sistema Traliccio, che si trova più a sinistra nel semipiano delle ascisse negative, è considerato un "Trasportatore" di energia, ma poiché si trova al di sotto dell'asse delle ascisse è considerato anche un po' "Produttore" di energia (terzo quadrante). L'Oleodotto è considerato un "Trasportatore" come il Traliccio, ma a differenza di quest'ultimo si trova sopra l'asse delle ascisse e quindi è considerato anche un po' "Contenitore". Questo metodo consente di evidenziare quella che discrimina gli elementi del 2° gruppo denominati come *Fonti*, distribuendoli appena a destra dell'asse delle ordinate e su tutta la sua estensione. E' così possibile distinguere i sistemi che "Producono" da quelli che "Contengono energia": sono considerati "Produttori" la Legna e la Torta, mentre sono "Contenitori", in varia misura, il Sole, la Benzina, la Pila e il Fulmine. La Legna e il Fulmine hanno le caratteristiche sia dei "Contenitori" che dei "Produttori", ma mentre per la Legna prevale l'ultima caratteristica, il Fulmine è ritenuto essenzialmente un "Contenitore" di energia. I sistemi del 1° gruppo sono dei "Consumatori" (o "non Trasportatori") ed anche "Produttori-Consumatori" in varia misura. Un caso particolare è rappresentato dai sistemi Ghiaccio e Gatto: per gli allie-

Figura 6. Differenze percentuali dei dati relativi alla classe seconda

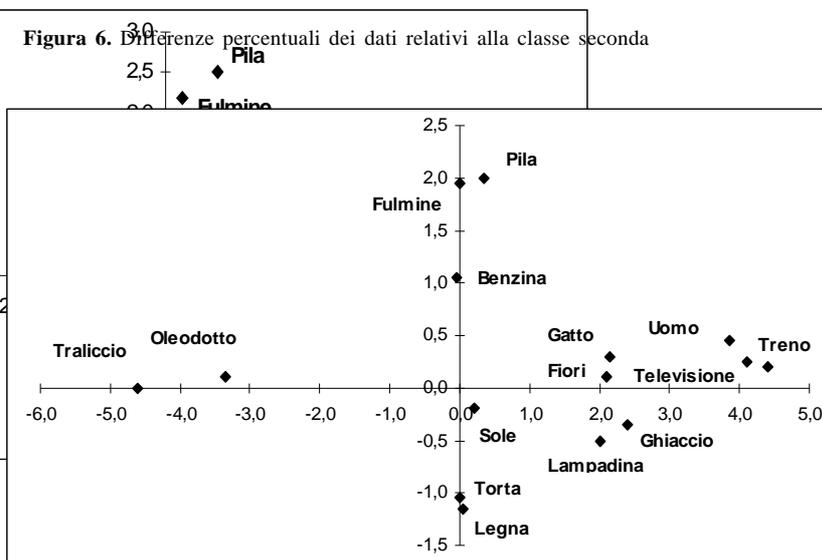


Figura 7. Differenze percentuali dei dati relativi alla classe terza

ne 4 e 5). La categoria dei "Produttori" è la somma dei valori delle colonne relative a "produce energia", "è una sorgente di energia" e "cede energia" (colonne 6, 8 e 10). Infine, la categoria dei "Trasformatori" è costituita dai valori della colonna "Trasforma energia" (colonna 7) che, a causa dei valori percentuali molto bassi, risulta poco significativa e per

questa ragione non è rappresentabile nel piano.

Le coordinate di ciascun sistema, ridotte di un fattore 20 per semplificare la rappresentazione grafica, sono state calcolate con le seguenti formule:

$$x_i = \frac{\text{Consi} - \text{Trasp}_i}{20}$$

Tabella 5. Calcolo delle coordinate dei 15 sistemi con il metodo delle differenze percentuali

Classe Prima		X	Y	Trasport.	Consum.	Produtt.	Contenit.	Trasform.	X - Trasp	X - Cons.	Y - Prod	Y - Cont.
1	Traliccio	-4,2	-0,2	84	0	9	6	2	4,2	0,0	0,5	0,3
2	Ghiaccio	2,0	-1,3	1	41	39	14	3	0,1	2,1	2,0	0,7
3	Treno	4,0	0,2	3	82	6	9	1	0,2	4,1	0,3	0,5
4	Legna	0,3	-1,9	3	8	61	24	1	0,2	0,4	3,1	1,2
5	Gatto	1,8	1,0	0	35	21	41	0	0,0	1,8	1,1	2,1
6	Sole	0,1	0,3	1	3	46	51	0	0,1	0,2	2,3	2,6
7	Uomo	3,8	0,8	0	75	4	19	1	0,0	3,8	0,2	1,0
8	Torta	0,1	-0,6	2	3	51	39	2	0,1	0,2	2,6	2,0
9	Oleodotto	-2,4	0,5	55	8	12	21	1	2,8	0,4	0,6	1,1
10	Lampadina	2,8	0,3	1	56	15	21	6	0,1	2,8	0,8	1,1
11	Fiori	2,6	0,2	0	52	16	20	7	0,0	2,6	0,8	1,0
12	Benzina	0,2	1,3	3	7	31	57	0	0,2	0,4	1,6	2,9
13	Televisore	3,5	0,8	1	70	3	19	6	0,1	3,5	0,2	1,0
14	Pila	0,6	1,5	1	12	28	57	1	0,1	0,6	1,4	2,9
15	Fulmine	0,0	2,8	3	3	19	74	1	0,2	0,2	1,0	3,7

Classe Seconda		X	Y	Trasport.	Consum.	Produtt.	Contenit.	Trasform.	X - Trasp	X - Cons.	Y - Prod	Y - Cont.
1	Traliccio	-3,5	-0,2	74	4	12	9	1	3,7	0,2	0,6	0,5
2	Ghiaccio	2,4	-0,8	0	48	29	13	8	0,0	2,4	1,5	0,7
3	Treno	4,0	0,6	2	81	1	13	2	0,1	4,1	0,1	0,7
4	Legna	0,1	-1,5	2	4	60	31	1	0,1	0,2	3,0	1,6
5	Gatto	2,1	0,2	1	43	26	29	1	0,1	2,2	1,3	1,5
6	Sole	0,5	1,0	0	9	35	55	0	0,0	0,5	1,8	2,8
7	Uomo	3,9	0,4	0	77	7	15	1	0,0	3,9	0,4	0,8
8	Torta	0,0	-1,0	1	1	57	37	1	0,1	0,1	2,9	1,9
9	Oleodotto	-3,2	0,2	65	1	13	17	2	3,3	0,1	0,7	0,9
10	Lampadina	2,4	0,2	2	49	20	23	7	0,1	2,5	1,0	1,2
11	Fiori	2,3	0,1	0	46	20	21	12	0,0	2,3	1,0	1,1
12	Benzina	0,1	1,9	1	3	29	66	1	0,1	0,2	1,5	3,3
13	Televisore	3,6	0,2	1	72	9	13	4	0,1	3,6	0,5	0,7
14	Pila	0,7	2,5	0	13	18	68	1	0,0	0,7	0,9	3,4
15	Fulmine	0,2	2,2	3	7	21	65	2	0,2	0,4	1,1	3,3

Classe Terza		X	Y	Trasport.	Consum.	Produtt.	Contenit.	Trasform.	X - Trasp	X - Cons.	Y - Prod	Y - Cont.
1	Traliccio	-4,6	0,0	92	0	4	4	1	4,6	0,0	0,2	0,2
2	Ghiaccio	2,4	-0,4	1	49	23	16	9	0,1	2,5	1,2	0,8
3	Treno	4,4	0,2	1	89	2	6	0	0,1	4,5	0,1	0,3
4	Legna	0,1	-1,2	2	3	58	35	7	0,1	0,2	2,9	1,8
5	Gatto	2,2	0,3	0	43	25	31	1	0,0	2,2	1,3	1,6
6	Sole	0,2	-0,2	0	4	49	45	22	0,0	0,2	2,5	2,3
7	Uomo	3,9	0,5	1	78	4	13	1	0,1	3,9	0,2	0,7
8	Torta	0,0	-1,1	1	1	58	37	17	0,1	0,1	2,9	1,9
9	Oleodotto	-3,4	0,1	68	1	13	15	1	3,4	0,1	0,7	0,8
10	Lampadina	2,0	-0,5	1	41	27	17	9	0,1	2,1	1,4	0,9
11	Fiori	2,1	0,1	1	43	14	16	2	0,1	2,2	0,7	0,8
12	Benzina	-0,1	1,1	2	1	37	58	4	0,1	0,1	1,9	2,9
13	Televisore	4,1	0,3	0	82	4	9	3	0,0	4,1	0,2	0,5
14	Pila	0,4	2,0	1	8	23	63	6	0,1	0,4	1,2	3,2
15	Fulmine	0,0	2,0	6	6	23	62	16	0,3	0,3	1,2	3,1

vi, essi sono essenzialmente dei “Non Trasportatori”, ma vi è molta incertezza se considerarli veri e propri “Consumatori” (41% e 35% delle scelte rispettivamente) o “Fonti” (il Ghiaccio ha il 39% come “Prodotto-re” ed il 14% come “Contenitore”, il Gatto per le stesse categorie raccoglie il 21% ed il 41% delle scelte).

relativa nello spazio rifletta il grado di prossimità percepita, ossia di somiglianza, tra gli oggetti. Come si può vedere, l’analisi multidimensionale permette di formare, anche se in modo diverso, gli stessi gruppi con 15 sistemi (figure 8, 9 e 10). I sistemi del 1° gruppo, Esseri viventi e Consumatori di energia, si trovano a sinistra dell’asse delle ordinate e sono sparsi tra

il secondo ed il terzo quadrante; i sistemi del 2° gruppo, Fenomeni naturali, Cibi e Combustibili e Contenitori di energia, sono abbastanza raccolti e situati subito a destra dell’asse delle ordinate; infine i sistemi del 3° gruppo, Trasportatori di energia, si trovano nel quarto quadrante. Questa tecnica consente di evidenziare una quarta dimensione. Infatti, i sistemi del 1° gruppo, individuati come *Consumatori* di energia, sono distribuiti tra il secondo e terzo quadrante. E’ così possibile distinguere i sistemi che “Consumano energia propria” da quelli che “Consumano l’energia che ricevono”. L’Uomo è un forte consumatore di energia propria, al contrario del Treno che è considerato essenzialmente un sistema che per funzionare consuma l’energia che gli viene fornita. Anche se in minor misura, la Televisione, la Lampadina e i Fiori consumano l’energia che viene loro fornita. Il Ghiaccio ed il Gatto sono, tra i sistemi del gruppo, quelli di fronte ai quali gli allievi si trovano più in difficoltà.

Figura 8. Analisi multidimensionale dei dati relativi alla classe prima

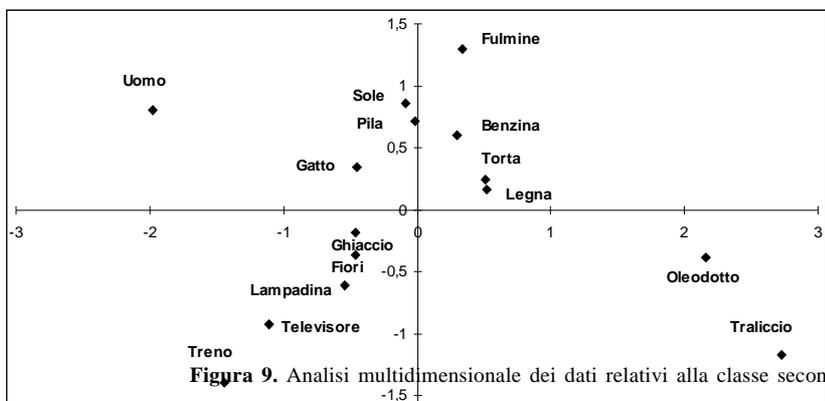


Figura 9. Analisi multidimensionale dei dati relativi alla classe seconda

5.3 Analisi multidimensionale

L’analisi multidimensionale è un’altra tecnica statistica che permette di scoprire le “strutture nascoste” di una serie di dati. In termini pratici si può dire che questa tecnica consente di rappresentare nello spazio le “prossimità” tra elementi di un insieme, come avviene in una mappa. Con il termine prossimità si indica qualunque insieme di numeri che esprima l’entità della somiglianza o della differenza tra coppie di oggetti. Quindi l’obiettivo primario dell’analisi multidimensionale è di collocare gli oggetti in uno spazio multidimensionale, in modo che la loro posizione

6 - CONCLUSIONI

I tre tipi di analisi hanno mostrato quali sono le sovrastrutture che sostengono le idee che gli allievi hanno dell’energia. Le strutture principali, comuni agli allievi dei tre livelli di scolarità, sono quelle che permettono di distinguere i sistemi in *Fonti*, in *Consumatori* e in *Trasportatori* di energia.

Le *Fonti* (o depositi) di energia non sono solo i sistemi dai quali si può ricavare energia, perché la possono cedere, ma anche i sistemi che sono visti come “é energia”, sistemi che la

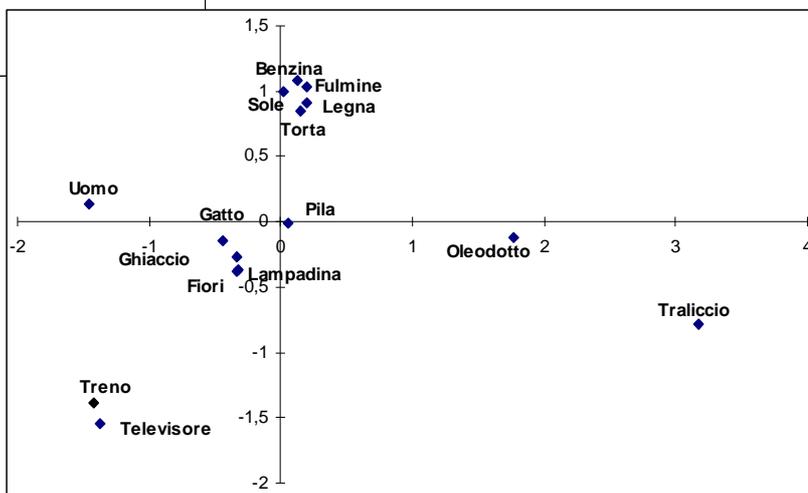


Figura 10. Analisi multidimensionale dei dati relativi alla classe terza

contengono ma che non la cedono, come ad esempio il Fulmine. Quindi, tra le *Fonti*, gli allievi includono i "Fenomeni naturali", i "Cibi e Combustibili" e i "Contentori".

Gli allievi di tutte le classi riconoscono che tra i *Consumatori* vi sono sistemi che "Consumano energia propria" e sistemi che "Consumano energia ricevuta". Tuttavia, gli allievi delle tre classi non sempre hanno le idee chiare a proposito della relazione tra "Esseri viventi" e "Sistemi che consumano". Ad esempio, il sistema "Uomo" è l'unico degli "Esseri viventi" ad essere sempre considerato un consumatore di energia propria. Il Gatto ed il Ghiaccio sono considerati in modo diverso dagli allievi delle tre classi, ma si ha l'impressione che gli allievi non riescano a decidere se considerarli "Consumatori di energia propria" o "Consumatori di energia ricevuta".

Gli allievi dei vari livelli di scolarità mostrano di sapere distinguere nettamente i sistemi che *trasportano* l'energia dagli altri sistemi. Per contro, le scelte relative alla categoria *Trasformatori* di energia sono poco frequenti, segno che alla maggior parte degli allievi manca questo schema interpretativo.

In conclusione, si può quindi afferma-

re che gli allievi, pur non avendo alcuna idea su come l'energia si trasforma, sono in grado di riconoscere alcuni dei componenti che costituiscono una catena di distribuzione dell'energia che si può riassumere nel seguente modello:

Fonte (o deposito)

-

Trasportatore

-

Consumatore

Questa indicazione è interessante in quanto in accordo con una delle conclusioni alle quali ha portato l'analisi delle definizioni di energia. Queste non sono spesso assegnabili ad un unico schema interpretativo, come già altri autori hanno fatto notare[5]. E' tuttavia significativo, anche alla luce delle analisi successive, che prevalga nelle definizioni lo schema interpretativo che associa l'energia con il funzionamento di oggetti che la consumano.

In base alle informazioni raccolte con questa indagine, è possibile individuare le situazioni sperimentali dalle quali partire per affrontare la costruzione del concetto di energia (i sistemi in cui entra in gioco l'elettricità).

Inoltre lo schema interpretativo iniziale al quale gli allievi ricorrono per "leggere" i sistemi ed interpretare i fenomeni dal punto di vista energetico, conferma che è possibile adottare un approccio sistemico e modellistico per favorire l'acquisizione iniziale del concetto di energia. Con opportune attività di modellizzazione di *sistemi energetici* svariati dovrebbe essere possibile introdurre e generalizzare il concetto di energia, sviluppando contemporaneamente i concetti di trasformazione e degradazione come proposto da alcuni ricercatori francesi. Tale aspetto del problema sarà affrontato nel terzo ed ultimo articolo di questa serie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.Watts, *Physics Education*, 1983, 18, 213-217.
- [2] R.Trumper, *International Journal of Science Education*, 1993, 15, 139-148.
- [3] J.Solomon, *Getting to know about energy in school and society*. Falmer Press, London, 1992.
- [4] L.Fabbris, *Analisi esplorativa dei dati multidimensionali*, CLEUP, Padova, 1991
- [5] J.Bliss, J.Ogborn, *European Journal of Science Education*, 1985, 7, 195-203.



Segnalazioni

Tiziano Pera (a cura di): "Una provincia per l'educazione ambientale", Ecorete Documenti, Quaderno n.1 SCHOLE' FUTURO; vol di 240 pag.

Laura Iguera (a cura di): "Indagine sull'educazione ambientale in Piemonte", Ecorete Documenti, SCHOLE' FUTURO; vol di 733 pag.

Francesco Randazzo e Piero Stoppa "Moduli e Metodi di Scienza della Materia" Ed. Arnoldo Mondadori Scuola codice ISBN 88-247-0997-4 (*testo base*)

"Indicazioni didattiche e metodologiche per moduli di Scienza della Materia" codice ISBN 88-247-1007-7

88 "Percorsi di Scienza della Materia per il recupero di conoscenze e abilità" codice ISBN 88-247-0919-2

CnS - La Chimica nella Scuola

"Laboratorio di Scienza della Materia" codice ISBN 88-247-1019-0 (*Testi ausiliari e fondamentali*)



Da SCIENZE PIU'
- LA MATERIA E I FENOMENI di Luigi Leopardi e Mariateresa Gariboldi
GARZANTI SCUOLA 1998

Libro per la Scuola Media Inferiore a proposito degli **stati della materia e i cambiamenti di stato-atomi e molecole**, il prof. M. Antonio Floriano ci segnala una grave inesattezza presente nel testo. <<...Se potessi continuare la suddivisione, la minuscola molecola di acqua "sparirebbe" perché da liquida si trasformerebbe in due sostanze gassose: l'idrogeno (simbolo chimico H), gas leggerissimo che volerebbe rapidamente verso gli strati più alti dell'atmosfera, e

l'ossigeno (simbolo chimico O) che si disperderebbe nell'aria...>>. Gli autori proseguono con un secondo esempio riguardante l'alcol etilico dicendo che <<...Proseguendo la suddivisione delle molecole otterremmo un atomo di un elemento solido, il carbonio (lo stesso di cui sono fatti il diamante e la grafite) un atomo di un elemento gassoso, l'ossigeno, e 6 atomi di un elemento anch'esse gassoso, l'idrogeno....>>.

Ringrazio il prof. Floriano per la segnalazione alla redazione e tramite questa alla Divisione di Didattica. Tengo a precisare che da tempo ci si occupa di problemi riguardanti gli errori riscontrati nei libri di testo sia della scuola secondaria superiore che della scuola media inferiore.

Maggio - Giugno 1999

PAROLE CHIAVE DELLA CHIMICA

LA PERIODICITA'

Riassunto

La periodicità delle proprietà degli elementi costituisce un concetto chimico fondamentale.

Esso non trova, però, sufficiente spazio nei libri di testo e non viene affrontato in modo autonomo rispetto a quello di Tavola periodica.

L'articolo sottolinea l'esigenza che tale concetto venga rivalutato nell'insegnamento proprio per la forza razionalizzatrice che esso ha avuto delle conoscenze sulle caratteristiche e sul comportamento degli elementi.

Si suggerisce, infine, l'esigenza di affrontare il concetto a due successivi livelli di complessità: il primo a livello dell'attuale biennio, il successivo a livello di triennio.

A conclusione viene presentato un possibile itinerario didattico messo a punto e realizzato con successo con allievi di 15-16 anni.

Abstract

The periodicity of the properties of elements is a basic notion in Chemistry. It is not given, however, enough space in ordinary text books, where it is not dealt with separately from the subject of the periodic Table. First the article underlines the need for teachers to focus on that notion because of the rationalizing role it has played in the knowledge of properties and behaviour of the elements.

Then the article suggests dealing with the subject on two different grades of complexity: one level fit for current "biennio", the other for "triennio". Finally a possible teaching procedure is presented, which has been worked out and successfully carried out with 15/16 year-old pupils.

1. Alla ricerca dell'accezione chimica del termine periodicità

Il concetto di *periodicità delle proprietà degli elementi* costituisce

(*) Liceo scientifico "L. da Vinci"
- Firenze

FABIO OLMI (*)

senz'altro un concetto chimico fondamentale e per la sua specifica natura possiede una potente forza razionalizzatrice delle conoscenze empiriche delle caratteristiche e del comportamento degli elementi. Oggi non c'è laboratorio o aula di chimica al mondo che non abbia appeso alle pareti la Tavola Periodica.

Per l'importanza che questo concetto possiede nell'ambito del pensiero chimico, viene spontaneo domandarsi se esso sia entrato a far parte della cultura generale. Ebbene, mentre altri concetti chimici fondamentali come molecola, elemento, composto, acido, base, .. hanno trovato una loro collocazione nell'ambito della cultura generale, di cui ovviamente quella chimica costituisce una parte non secondaria, una sorte ben diversa è toccata al concetto di periodicità. Non solo, ma anche a livello specialistico, non sembra che il concetto goda di una sua autonomia.

Prendiamo ad esempio l'autorevole Dizionario Enciclopedico Italiano Treccani (1): alla voce *Periodicità* si legge..."qualità di ciò che accade periodicamente, l'intervallo di tempo fra la pubblicazione di un numero e l'al-

tro di un periodico. *Biologia*-Molte funzioni biologiche sono periodiche ...generalmente con l'alternarsi delle stagioni. *Botanica*- Anche i vegetali presentano una successione regolare ...di alcuni fenomeni vitali...". Nessun riferimento alla Chimica e quindi al significato particolare che il termine periodicità assume in questo campo. Ancora, alla voce *Periodico*, dopo un cenno al significato fisico di un fenomeno che si ripete ad intervalli regolari di tempo, si rinvia a "sistema periodico degli elementi" e seguono due pagine e mezzo (!) di elenco di ...riviste periodiche !! Nemmeno nell'Enciclopedia della Chimica (2) alla parola *Periodicità* si fornisce una definizione del concetto, si rinvia a *Sistema periodico degli elementi* e in quest'ambito viene affrontato finalmente il concetto di periodicità chimica (vol. IX, pp.620-629), ma come parte di un più ampio discorso, stemperandone così l'importanza.

2. La nascita del concetto di Periodicità delle proprietà degli elementi

Il concetto di "periodicità chimica" si è potuto sviluppare solo dopo che era stato chiarito il concetto di *elemento* come *corpo materiale semplice*, non ulteriormente decomponibile, dotato di sue specifiche proprietà. Ciò ha ri-

GLI ELEMENTI DI LAVOISIER

Nome di Lavoisier	Nome moderno in italiano	Nome di Lavoisier	Nome moderno in italiano
Lumière	Luca(*)	Etain	Stagno
Calorique	Calore(*)	Fer	Ferro
Oxygène	Ossigeno	Manganèse	Manganese
Azote	Azoto	Mercur	Mercurio
Azote	Azoto	Antimoine	Stibio
Hydrogène	Idrogeno	Nickel	Nickel
Soufre	Zolfo	Or	Oro
Phosphore	Fosforo	Platin	Platino
Carbone	Carbonio	Ploinb	Piombo
Radical mercurique(**)	-	Tungstène	Tungsteno
Radical fluorique (**)	-	Zinc	Zinco
Radical boracique (**)	-	Chaux(***)	Calce (Ossido di Calcio)
Antimoine	Antimonio	Magnésie(***)	Magnesia (ossido di Mg)
Argent	Argento	Baryte (***)	Barite (ossido di Bario)
Arsenic	Arsenico	Alumine (***)	Allumina (Ossido di Al)
Etanath	Bisunto	Silice (***)	Silice (Ossido di Silicio)
Cobalt	Cobalto		
Calvre	Rame		

fig. 1

chiesto lunghe ricerche e la progressiva acquisizione di sempre più raffinate tecnologie di separazione e individuazione degli elementi. Ad esempio, dei 33 "elementi" noti al tempo di Lavoisier (1787) (Fig.1), solo 23 furono poi confermati come tali sulla base di ulteriori ricerche (fra le sostanze che erano ritenute *elementari* poiché non si disponeva di mezzi adatti alla loro decomposizione c'erano, ad esempio l'allumina, la silice e la calce).

Il primo tentativo di passare da un *elenco* (modello rappresentativo unidimensionale) ad un *raggruppamento* di elementi (modello bidimensionale) fu compiuto da J.W. Dobereiner (1780-1849) tra il 1817 e il 1829 studiando analogie e differenze dei circa 50 elementi noti al suo tempo.

Il risultato fu la costruzione di alcuni gruppi di tre elementi (triadi) dal comportamento simile: Ca, Sr, Ba; Cl, Br, I; Li, Na, K... La logica delle triadi si fondava dapprima (1817) sui pesi equivalenti degli elementi manifestati nei loro ossidi e successivamente (1829) sui pesi atomici. Dobereiner mostrò che l'elemento centrale delle triadi possedeva *proprietà intermedie* tra quelle dell'elemento che lo precedeva e quelle del successivo. Inoltre l'elemento centrale della triade mostrava un *p.a. medio* tra quello dell'elemento precedente e seguente. Ad esempio: il p.a. dello Sr era 44 e infatti $[20 (p.a._{Ca}) + 68 (p.a._{Ba})] : 2 = 44$ (3,4,5).

Benché quello di Dobereiner costituisse un primo modo di correlare tra loro proprietà di elementi col loro p.a., cioè un primo modo per "tradurre in numeri" le analogie/differenze tra elementi, dobbiamo però sottolineare tre cose:

- Dobereiner non era riuscito a coinvolgere nelle triadi che una parte degli elementi noti al tempo e quindi la "regola" non era generale;

-la determinazione dei p.a. secondo i metodi del tempo era soggetta a molte incertezze e pertanto questi non po-

tevano essere affidabili e così pure le considerazioni ad essi collegate;

-la *semplice categoria analogie/differenze tra elementi* non era in grado di fornire alcuna "legge", si trattava di regole empiriche che non consentivano ancora una "classificazione" degli elementi.

Finora non era emersa l'importanza cruciale di introdurre una opportuna grandezza ordinatrice degli elementi che consentisse la costruzione di una loro successione logica e ordinata rispetto alla quale studiare poi le analogie e le differenze delle loro proprietà.

D'altra parte la grandezza ordinatrice "a portata di mano" nella prima metà del XIX secolo era il peso atomico degli elementi e di questa grandezza, oltre a non essere ancora disponibili metodi di determinazione sufficientemente rigorosi, *non era chiaro fino in fondo il reale significato.*

Riguardo a quest'ultimo punto possiamo ricordare, ad esempio, la visione profondamente diversa tra l'ipotesi atomica di Dalton (1805) e quella di Prout (1815). Secondo Dalton le caratteristiche proprie di una sostanza semplice (elemento) sono il risultato delle *caratteristiche individuali* dei suoi atomi ognuno dei quali risulta *qualitativamente diverso* da ciascuno degli atomi propri di altre sostanze semplici. Prout, invece, avanzava l'ipotesi che l'idrogeno, l'atomo più leggero, fosse la "materia primordiale" alla base della costituzione di tutte le sostanze e sosteneva quindi che gli atomi dei vari elementi si potevano pensare come un insieme di volta in volta numericamente diverso di atomi di idrogeno: *il passaggio da un atomo ad un altro era determinato solo da caratteristiche quantitative.* Scrive infatti Prout " ..se le vedute che noi esponiamo sono giuste, possiamo considerare incarnata nell'idrogeno la materia primordiale degli antichi. Se è così, allora i pesi specifici o i pesi assoluti di tutti i corpi allo stato gassoso debbono essere multipli [interi, ndr] del peso specifico o

del peso assoluto della materia primordiale ("protilo") ...".

L'ipotesi di Prout non riusciva a spiegare i motivi dell'esistenza di proprietà individuali degli elementi e si rivelò anche scorretta ad una più raffinata determinazione dei p.a. degli elementi stessi (come risulta ad esempio dai lavori di Berzelius): per questi motivi fu quindi abbandonata.

Rimaneva tuttavia ancora aperta la questione dell'individuazione di un metodo per la determinazione dei p.a. sufficientemente preciso, affidabile e riconosciuto da tutta la comunità dei chimici.

La svolta decisiva in questo ambito si poté realizzare solo dopo l'importante Congresso Internazionale di Chimica di Karlsruhe del 1860 a cui parteciparono 120 scienziati. In questa sede, senza che fosse un esplicito obiettivo del Congresso, venne affrontata da Cannizzaro la questione della corretta determinazione dei pesi atomici. Il metodo di Cannizzaro fu determinante per l'avanzamento della ricerca chimica e si impose per il suo rigore nella comunità scientifica del tempo anche grazie all'opera di J.L.Meyer che, resosi conto della validità delle idee di Cannizzaro, lo adottò poi nel suo trattato di chimica del 1864 ("Die modernen Theorien der Chemie") e ne divenne convinto sostenitore.

Il concetto di *periodicità* come *ripetizione di proprietà simili degli elementi dopo un certo intervallo regolare, rispetto ad una grandezza ordinatrice* emerse per la prima volta nel lavoro di A.E. Béguyer de Chancourtois, nel 1862. La grandezza ordinatrice era il peso atomico degli elementi.

Egli dispose gli elementi in ordine di p.a. crescente e costruì una specie di scala a chiocciola sulle pareti di un cilindro (modello tridimensionale): sui gradini di questa erano disposti gli elementi in modo tale che il primo "giro" della scala si chiudeva con l'ossigeno, il secondo con lo zolfo, ecc. e gli elementi che si trovavano alline-

ati verticalmente avevano proprietà simili. Tuttavia, sia perché il modello di rappresentazione della classificazione degli elementi era poco pratico, sia perché il lavoro di de Chancourtois non appariva convincente nel presentare, ad esempio, analogie e differenze tra gli elementi, il suo sistema periodico non fece breccia nella comunità scientifica dell'epoca.

Fu J.A.R.Newlands (1837-1898) che, nel periodo 1863-65, ordinando anch'egli gli elementi secondo il loro p.a. crescente, ma facendo ricorso ad una rappresentazione bidimensionale, costruì un sistema periodico fondato su serie di sette elementi dopo i quali l'ottavo ripeteva proprietà simili al primo della serie precedente (Fig. 2). Newlands chiamò questo comportamento "legge delle ottave" (1865). La "tavola" di Newlands del 1866 ebbe una larga diffusione ma mostrò tre grossi limiti:

- in essa non erano presenti posti liberi per eventuali nuovi elementi
 - alcuni elementi non sembravano collocati al posto giusto per le loro caratteristiche
 - in alcuni casi in una stessa "casella" dovevano forzatamente trovar posto anche due elementi
- Per questi motivi il lavoro di Newlands fu duramente attaccato e la Chemical Society ne rifiutò la pubblicazione.

3. Il lavoro di Mendeleev

Il concetto di periodicità trovò la sua espressione completa nel lavoro di D.I.Mendeleev (1834-1907) e in quello di J.L.Meyer (1830-1895). La ricerca di una sistemazione completa dei 63 elementi noti all'epoca prese però strade diverse per i due ricercatori. Meyer, durante la revisione del suo testo di chimica (1868) usò per primo pesi atomici corretti determinati col metodo Cannizzaro e introdusse per primo il concetto di *valenza* degli elementi ma non riuscì nella sua prima tabella a classificare correttamente tutti gli elementi. La ricerca di Meyer proseguì *privilegiando le proprietà* fisiche degli *atomi* con lo studio del volume occupato da quantità fisse di diversi elementi (peso atomico/densità). Il lavoro fu pubblicato nel 1870, un anno dopo la pubblicazione (1869) sul giornale chimico russo della prima tavola periodica di Mendeleev.

Nel lavoro di Mendeleev si *privilegiavano le proprietà chimiche degli elementi* rispetto a quelle fisiche e ciò può essere considerato l'elemento decisivo del successo della sua "legge periodica". Quando, ad esempio, Mendeleev trovò contraddizioni tra la successione ordinata dei pesi atomici e le proprietà chimiche di alcuni elementi, convinto della validità del suo metodo, riuscì a collocare correttamente tutti gli elementi noti, lasciando liberi i posti che dovevano a

suo giudizio spettare ad elementi ancora non conosciuti, rispettando *sempre* l'analogia delle proprietà chimiche (in primo luogo la valenza) anche se questo comportava porre prima un elemento a p.a. maggiore e dopo uno a p.a. minore (contraddizione nelle proprietà fisiche).

Dice A.Di Maggio in un recente lavoro (6) "L'attenzione di Mendeleev si concentrò sulle tessere riassuntive delle caratteristiche degli elementi. Cominciò così quel gioco di spostamento delle tessere che A.E.Fersman, in un suo saggio dedicato alla scoperta del sistema periodico, ha efficacemente paragonato ad un "solitario". Nelle file orizzontali Mendeleev dispose le tessere relative agli elementi affini appartenenti ad uno stesso gruppo (e quindi, proseguendo nella metafora, le tessere dello stesso "seme" chimico, ma di diverso "valore"); nelle colonne verticali collocò le tessere degli elementi aventi p.a. vicini e quindi appartenenti ad uno stesso periodo (dunque le tessere più o meno dello stesso "valore" ma di diverso "seme")...". La seconda edizione della tavola mendeleeviana (Fig. 3) riporta i gruppi in verticale e i periodi in orizzontale (1871).

La *legge periodica* formulata da Mendeleev può essere sintetizzata nel seguente modo: *le proprietà degli elementi variano con cadenza ve-*

[31]	Группа I	Группа II	Группа III	Группа IV	Группа V	Группа VI	Группа VII	Группа VIII. Периоды II, III, IV, V
Типичные элементы	H = 1	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
Первый период	Li = 7	Ba = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
Второй период	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 50?	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63
	(Ca = 63)	Zn = 65	— = 69	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
Третий период	Rb = 85	Sr = 87	(? Yt = 88?)	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 101, Rh = 104, Pd = 104, Ag = 108
	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 128?	I = 127	
Четвертый период	Cs = 133	Ba = 137	— = 137	Ce = 138?	—	—	—	
	—	—	—	—	Ta = 182	W = 184	—	Os = 190?, Ir = 194? Pt = 197?, Au = 197
Пятый период	(Au = 197)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	
	—	—	—	Th = 232	—	U = 240	—	
Высокая валентная окислительная способность	H ⁺	H ²⁺ или H ₂ O	H ³⁺	H ⁴⁺ или H ₂ O ²	H ⁵⁺	H ⁶⁺ или H ₂ O ³	H ⁷⁺	H ⁸⁺ или H ₂ O ⁴
Высокое водородное содержание			(H ₂ H ³⁺)	HH ⁴⁺	HH ⁵⁺	HH ⁶⁺	HH ⁷⁺	

fig. 3

riodica all'aumentare del loro peso atomico.

A partire da questi anni *la scienza chimica trovava una sua prima solida sistematizzazione teorica* fondata su un piccolo numero di postulati di base e su alcune leggi generali tra cui appunto la "legge periodica".

4. Momenti essenziali dello sviluppo del concetto di periodicità e sistema periodico moderno.

La tavola periodica si rivelò ben presto uno degli strumenti teorici più importanti per lo sviluppo della ricerca, non solo chimica: mentre da un lato permetteva di cogliere razionalmente le analogie e le differenze tra le proprietà degli elementi, dall'altro apriva nuovi orizzonti di ricerca. E' il caso della *ricerca intenzionale* di nuovi elementi: Mendeleev, ad esempio (Fig.3), aveva dovuto lasciare vuota la casella Periodo 4/Gruppo 3 (P4/G3). Chiamò *ekaboro* l'elemento che avrebbe dovuto occuparla, non ancora noto, di massa prevedibile 44. L'elemento fu scoperto nel 1897 ed è oggi noto come Scandio. La tavola mendeleeviana pose però alcuni interrogativi a cui è stato necessario dare risposta:

- come trovare collocazione ad elementi che non erano stati previsti da Mendeleev come i "gas nobili" o la cui collocazione non era chiara (come alcune "terre rare") ?

- come si poteva spiegare l'inversione nella successione dei p.a. che si incontrava ogni tanto per tener ferme le periodicità delle caratteristiche chimiche degli elementi?

- come si poteva spiegare la diversa lunghezza dei periodi?

- esisteva forse una caratteristica degli atomi, diversa dal p.a., che consentisse di risolvere questi problemi? Nel 1894 W.Ramsay e J.W.-Rayleigh scoprirono il gas nobile Argon e successivamente furono identificati anche Elio, Neon, Kripton e Xenon. Alcuni ricercatori proposero che questi elementi, che non mostravano propensione a reagire con altri per formare composti, non appartenessero al sistema periodico, ma dopo alcuni anni di studi si riuscì a trovare loro collocazione nella tavola periodica introducendo una colonna aggiuntiva fra gli alogeni e i metalli alcalini. La tavola periodica non fu stravolta, ma solo integrata.

Nella tavola di Mendeleev del 1871 comparivano alcuni elementi con ac-

canto un punto interrogativo: ad esempio l'Erbio del III Gruppo e il Lantanio e il Cerio inseriti nel IV Gruppo. La difficoltà di collocazione di questi elementi ha costituito il cosiddetto "problema delle terre rare". Si tratta di elementi dalle proprietà molto simili tra loro e quindi di difficile distinzione: essi rappresentano i 14 elementi compresi nella tavola moderna tra il Lantanio (57) e l'Afnio (72) la cui scoperta e sicura identificazione ha coperto un lunghissimo periodo di tempo (oltre un secolo); l'ultimo scoperto, il Promezio (Pm), è stato prodotto artificialmente nel 1947.

Questi elementi, molto simili tra loro, spesso presenti in miscele di difficile separazione, hanno presentato una grande difficoltà nella definizione delle loro caratteristiche: solo col passaggio al numero atomico nella grandezza ordinatrice è stato possibile una loro corretta collocazione nella tavola periodica.

La questione della inversione dell'andamento dei p.a. nell'ordinamento degli elementi rispettando le loro proprietà chimiche è stata più complessa e trovò soluzione molti anni più tardi, dopo che si arrivò a definire la struttura interna degli ... <<indivisibili>> atomi. Dopo le ricerche di Rutherford (1911) che portarono all'identificazione del nucleo atomico come sede delle cariche positive e quindi a teorizzare un atomo formato da un nucleo e da elettroni in numero tale da neutralizzare la carica del nucleo, A.Van den Broek nel 1913 ipotizzò che, al posto del p.a., si ponesse *come grandezza ordinatrice la carica nucleare di ciascun atomo.*

Fu il fisico H. G. Moseley che mise alla prova questa ipotesi mediante lo studio dei raggi X emessi in opportune condizioni da vari elementi (7). Dalle sue ricerche (1913) emerse che le frequenze delle cosiddette righe K risultavano legate da proporzionalità diretta ai quadrati dei numeri che indicavano la posizione degli elementi nella Tavola; nel 1920, Rutherford chiamò questa grandezza ordinatrice *numero atomico*, N.A.: essa indica il numero di protoni del nucleo e degli elettroni presenti nell'atomo.

La periodicità da questo momento verrà espressa allora nel modo seguente:

le caratteristiche degli elementi sono funzione periodica del loro numero atomico.

La successione mendeleeviana

Tellurio/Iodio (dettata dal rispetto dell'analogia delle proprietà dei due elementi con quelle degli altri elementi dei rispettivi gruppi), che provocò la famosa inversione nei pesi atomici tra i due elementi, trovava ora un fondamento teorico razionale: gli elementi erano ordinati secondo il loro numero atomico crescente.

Mancava tuttavia ancora la comprensione del *perché accadeva questa inversione nella successione dei pesi atomici*. Ciò fu chiarito solo dopo la scoperta dei neutroni (Chadwick, 1932) e la definizione del concetto di *isotopi*: un elemento non era costituito in genere da atomi tutti dello stesso tipo; mentre si conservava in essi un numero identico di protoni ed elettroni, il corredo nucleare poteva essere diverso per il numero di neutroni presenti. Si hanno così per l'atomo di uno stesso elemento "corredi" nucleari diversi, di massa diversa, e questi si dicono tra loro *isotopi*.

Poiché la miscela isotopica dello Iodio era più ricca dell'isotopo più leggero e quella del Tellurio lo era dell'isotopo più pesante...il "mistero" era chiarito e ben fece Mendeleev a dare maggior peso al rispetto delle proprietà chimiche degli elementi!

Come si cercò di evidenziare il problema della grandezza ordinatrice degli elementi è stato prima di *difficile individuazione*, poi di *difficile comprensione* nel suo corretto significato. Ancora una prova di queste difficoltà è fornita da un'ipotesi sul significato del peso atomico avanzata a fine secolo XIX. Infatti, in seguito a studi spettroscopici effettuati sulle stelle, l'astronomo N. Lockyer e lo spettroscopista W.Crookes ipotizzarono che il peso atomico degli elementi potesse variare in modo continuo. Come conseguenza di ciò, gli elementi potevano essere teoricamente infiniti e quelli presenti sulla Terra erano solo alcuni dei possibili formati nelle condizioni specifiche in cui erano stati trovati. E' stato, ancora una volta, il lavoro di Moseley (1913) che, con l'introduzione del numero atomico (numero intero), *negava l'esistenza di altri elementi tra due qualsiasi di essi consecutivi nella Tavola periodica*: ad esempio, tra l'elemento di N.A.11 (Na) e quello di N.A.12 (Mg), tra l'elemento di N.A. 33 (As) e quello di N.A.34 (Se) e così via, non era possibile trovarne posto altri elementi. Altra conseguenza importante di questo è che, se gli elementi sono

gli stessi in tutto l'Universo, anche la chimica terrestre conserva la sua validità in tutto l'Universo.

La spiegazione, infine, della diversa lunghezza dei periodi è legata allo sviluppo della moderna teoria atomica ed è conseguenza della diversa energia che gli elettroni assumono all'interno dell'atomo e dei legami esistenti tra i diversi numeri quantici che determinano energia e posizione possibile degli elettroni dentro l'atomo.

Il sistema periodico mendeleeviano ha trovato con la meccanica quantistica la sua completa razionalizzazione ed è stato modificato, in verità, solo in piccola misura (si tratta della cosiddetta ben nota "espansione" del sistema periodico).

Ancora oggi, tuttavia, si danno della Tavola Periodica altre modellizzazioni: particolarmente efficace e facilmente rappresentabile risulta quella proposta da W.B.Jensen nel 1989 (8), a geometria piramidale, che qui riproduciamo (Fig. 4).

5. Alcune considerazioni didattiche sull'apprendimento e sull'insegnamento del concetto di periodicità.

Come abbiamo già sostenuto in un

dopo aver introdotto la struttura atomica, quasi fosse un "indiretto fisico" *scaturito quarant'anni dopo la sua effettiva scoperta*".

Ebbene, siamo convinti che, nell'ambito di un insegnamento/apprendimento (i/a) chimico di base a livello secondario superiore, in una logica di i/a a spirale, e nell'ottica di sviluppo di un curriculum verticale, sia *necessario affrontare il concetto di periodicità in due tappe successive e precisamente un primo approccio di tipo mendeleeviano a livello dell'attuale biennio e un secondo approccio razionalizzatore a livello di triennio*.

Da vari anni seguiamo questo tipo di sviluppo nei nostri corsi sperimentali attivati al biennio e al triennio e i risultati hanno mostrato che la nostra convinzione è fondata. Ricordiamo qui le tappe essenziali e i problemi affrontati nell'itinerario suddetto con l'idea che ciò possa essere di stimolo ad avventurarsi su questo sentiero anche da parte di altri colleghi. I punti essenziali su cui si è snodato il nostro itinerario sono stati i seguenti:

-indagine sulle preconoscenze: quali sono le idee degli allievi sul concetto

ordinatrice: come si è passati da semplici sequenze di elementi a raggruppamenti ordinati secondo il loro peso atomico?

costruzione delle "tessere" di una quarantina di elementi noti al tempo di M. ricavandole da un'apposita tabella opportunamente messa a punto dall'insegnante;

-studio della variazione di alcune proprietà di un certo numero di elementi (i primi 20 noti in ordine di p.a.) una volta disposti secondo il loro p.a. crescente: è possibile costruire una tabella "periodica"?

-cosa emerge dal confronto della nostra tabella e della Tavola di Mendeleev del 1871?

Il dettagliato percorso didattico da noi seguito a livello di fine biennio di s.s.s. e gli strumenti impiegati si trovano nell'articolo già citato (10).

Tra i suggerimenti che si trovano in letteratura fondati sull'introduzione alla Tavola periodica attraverso l'informazione storica, particolarmente interessante quello di B.Bensaude-Vincent e D.Rebaud (11) che risulta però assai più complicato di quello da noi proposto e di difficile attuazione. Si trova anche tutta una serie di suggerimenti di <<giochi>> sulla Tavola periodica con l'uso del computer: alcuni possono essere utili in sede di "rinforzo" dei vari concetti che stanno alla base della costruzione della Tavola (12).

Bibliografia

- 1) Dizionario Enciclopedico Italiano, Ist. dell'Enciclopedia Italiana, 1970, Roma. Poligrafico dello Stato, 2) Enciclopedia della Chimica, 1980, U.S.E.S., Firenze
- 3) J.I. Solovev, "L'evoluzione del pensiero chimico", 1976, Mondadori Ed., Milano
- 4) H.M.Leicester, "Storia della Chimica", 1978, ISEDI, Milano
- 5) L.Paoloni, "Il sistema periodico:1869-1914" in Fondamenti Metodologici ed Epistemologici, Storia e Didattica della Chimica, Scuola Estiva di Chimica, Pisa 1996
- 6) A.M.Maggio, *Cns -La chimica nella scuola*, 1997, 1, 6
- 7) G.Gorin- Mendeleev and Moseley - *J. Chem. Ed.*, 1996, 6, 490
- 8) E.R.Scerri, *Le Scienze*, 1998, 363, 94
- 9) F.Olmi, "Progettazione, realizzazione, valutazione di un percorso didattico nell'ambito di un curriculum verticale: la classificazione degli elementi" Convegno: Educazione scientifica e professionalità docente. Trieste, 28-30/4/'98
- 10) F. Olmi- Un solitario con le "tessere" di Mendeleev...-*Naturalmente*, 1997, 3, 58
- 11) B.Bensaude-Vincent, D.Rebaud, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1994, 88, 1109
- 12) J.S. Martin, *Chem 13 News*, 1988, 181, 8

fig. 4

intervento alle giornate triestine di "Educazione Scientifica e professionalità dei docenti" del '98 (9) e in un recente articolo (10) *la periodicità delle proprietà degli elementi rappresenta un concetto-chiave per qualsiasi corso di chimica di base anche se "... troppo spesso questo concetto viene trattato sbrigativamente sui libri di testo, quasi fosse autoevidente o, peggio, banale. Non solo, ma dall'esame della maggior parte dei testi in commercio, si ha l'impressione che il concetto di periodicità possa essere trattato solo*

di classificazione e i concetti che stanno alla base della costruzione della Tavola mendeleeviana (valenza degli elementi, tipi di composti, ecc.)?

-costruzione delle precondizioni che non sono "date"

-(ri)costruzione del contesto di "scoperta" della Tavola mendeleeviana: quanti e quali erano gli elementi noti al tempo di Mendeleev? Quali le loro proprietà note? Quali i composti più comuni? Quali sono stati i tentativi di sistematizzazione degli elementi precedenti il lavoro di M.?

-il problema della grandezza

GIOCHI DELLA CHIMICA

Venerdì 4 giugno si è conclusa, a Frascati, la prima fase delle gare di chimica che vedono coinvolti circa 7.000 giovani di tutte le regioni italiane. In maggio tanti giovani atleti, dalla mente agile e curiosa, si erano sottoposti a una selezione regionale dalla quale sono stati selezionati i finalisti nazionali (circa 80) che a Frascati, nell'accogliente Centro Giovanni XXII, ritornato a una gestione esemplare, si sono sottoposti prima ad una selezione nazionale effettuata con un primo test costituito da quesiti a risposta multipla suggerita, e da una prova più dura costituita da quesiti a risposta aperta. Questi sono normalmente formulati sulla scia dei quesiti modello che la nazione che ospita le Olimpiadi della Chimica fornisce. Quest'anno, che come è stato già annunciato, le Olimpiadi si svolgeranno in Thailandia dal 4 all'11 luglio. Le categorie A e B, in cui gareggiano i giovani dei primi anni degli ITIS e i licei di vario tipo, hanno mostrato un miglioramento crescente dei risultati conseguiti dai partecipanti; hanno e così confermato l'andamento già osservato negli ultimi anni. Ciò può solo in parte essere dovuto alla scelta dei quesiti resi volutamente più semplici per permettere la partecipazione di un maggior numero di scuole che in passato possono essere state intimorite da quesiti difficili. E' invece più probabile che la chimica nei primi anni degli ITIS e dei licei abbia trovato un suo spazio e non venga sacrificata come purtroppo sembra avvenire nel triennio degli Istituti Tecnici, i cui studenti gareggiano nella classe C. Qui le recenti improvvise modifiche hanno mortificato la chimica affidandone l'insegnamento a docenti con lauree (quando non si tratta di diplomi da odontotecnico!) inadeguate e con esperienza in alti insegnamenti a carattere grafico. La classifica della categoria C suggerisce immediati rimedi! A parte qualche isolato campione che emerge nella graduatoria come un delfino nel mare di un punteggio piatto, tutti gli altri si

attestano su un punteggio meno che dimezzato rispetto ai risultati degli anni precedenti. Può darsi che i quesiti fossero più difficili? Erano stati scelti tra quelli suggeriti da insegnanti delle relative scuole, io ne avevo sostituiti solo alcuni con altri più facili.

Ho chiesto lumi agli insegnanti accompagnatori, sicuramente tra i più interessati alla chimica e alla didattica, tutti mi hanno detto che l'eliminazione degli esami di riparazione ha abbassato il livello medio e ha impedito insegnamento più elevato in quanto i più deboli richiedono sempre più attenzione e impediscono di elevare il livello della didattica. La stessa analisi mi è stata riferita dai campioni scelti per le olimpiadi. A parte queste critiche, che non riguardano tuttavia i giovani e gli insegnanti che partecipano a questa prova non obbligatoria, i giovani di Frascati erano uno splendido campione di vita che fa ben sperare nel futuro e nelle possibilità di ripresa del nostro Paese. Il loro comportamento è stato esemplare non solo nelle prove ma anche nel soggiorno presso il centro che li ha ospitati.

Il **primo classificato** della **categoria C** è stato **Evangelisti**, un ragazzo del V anno che l'anno scorso al IV anno ha portato a casa una medaglia d'argento dall'Australia.

A tutti, Studenti e Insegnanti, come al solito è stato possibile dare un piccolo dono offerto dalla Società Bracco che ogni anno mostra interesse per la nostra manifestazione. Ai primi tre classificati e alle Scuole di provenienza è stato consegnato un diploma speciale ai vincitori un orologio d'avanguardia. Per i selezionati per le Olimpiadi dovrà segnare l'ora delle medaglie.

Un premio è stato dato anche alla Professoressa Jolanda Filippi a simboleggiare la riconoscenza per il suo tacito lavoro che da anni compie reggendo da sola le sorti del Trentino-Altoadige, privo di sezione della SCI.

La Società Gibertini Elettronica ha donato come ormai tradizione, una bilan-

cia all'Istituto del primo classificato. Poiché Francesco Evangelista (medaglia d'argento delle Olimpiadi di Melbourne 1998) è il primo classificato di quest'anno la bilancia sarebbe toccata all'ITIS Mattei di Vasto. Ma il sottoscritto, nella gioia di comunicare l'assegnazione, ha commesso un errore! Pensando che Evangelista si fosse classificato primo anche l'anno scorso e quindi che il suo Istituto avesse già avuto una bilancia Gibertini, ha dirottato il premio all'Istituto del **secondo classificato: Filpi Antonio**.

Ora, per non pagare di persona, non mi resta che affidarmi alla Bontà della Società Gibertini per un rimedio. Siamo certi che i Gibertini sapranno unire alla precisione delle loro strumentazioni elettroniche anche la generosità e la comprensione per gli errori altrui. E' sempre grazie alla Gibertini infatti che docenti e allievi sono andati in pulmino dalla stazione di Frascati al "Centro Giovanni XXIII".

Non si può chiudere questa mia breve nota senza ringraziare la Casa Editrice Piccin di Padova che da anni ci stampa i fascicoli delle prove e li spedisce in tutta Italia. Alla Signora Graffi che con serenità ed efficienza mi aiuta a concludere il tutto per tempo, va il mio grazie di cuore. Infine ricordo la Perkin Elmer che fornisce vari oggetti con cui si premiano allievi e docenti e si svolgono gli allenamenti. Un ringraziamento particolare e personale devo io a coloro che più da vicino mi aiutano a portare in porto un'avventura che sorprendentemente si conclude sempre bene. Si tratta delle signore Giusi Gritti e Maria Urso, dei Proff. Pietro Allevi, Silvio Gori, Deanna Arnoldi, Licia Piazza e Carmen Cappellini.

Ringrazio anche tutti coloro che nelle varie sezioni italiane hanno collaborato con efficienza, dalle isole alle Alpi. A tutti anche un appuntamento per gioire dei risultati delle Olimpiadi.

Mario Anastasia

Selezionati per gli allenamenti pre-olimpiadi

94 **Evangelista Francesco** (Abruzzo)
Filpi Antonio (Sicilia)
Luparia Marco (Piemonte)
Salizzoni Daniele (Lombardia)

Fois Giovanni (Sardegna)
Passarelli Salvatore (Calabria)
Monastero Alberto (Veneto)
Martin Ariana (Friuli V. Giulia)

La redazione comunica che le graduatorie nazionali e i risultati delle olimpiadi saranno pubblicati nel n° 4 di settembre - ottobre

CHIMICA SPETTACOLARE

Un percorso insolito di didattica della chimica nella scuola

Abstract

During the VIII scientific cultural week an exhibition has been performed in which a new teaching path, moving from spectacular aspects of chemical laboratory reactions, has been verified. Spectacular aspects spontaneously occur in natural processes and scientific phenomena involve observers and artists as well, each reacting in personal and different ways to the same suggestions. We focused on these particular moments from which interesting cultural hints may grow, experimenting didactic specific objectives of a general Chemistry Course. Experimental work has been conducted by about 400 students from classes of two high schools in Rome, ITIS Fermi and ITIS Pascal (Scientifico Tecnologico and F.A.S.E. experimental courses) with aid from Computer Science and Chemistry teachers. A multimedial hypertext has been prepared which contains the whole work in an organic way and stimulating theoretical arrangement which has been proved to be useful also for people not participating to this Project. Experimental work has been presented by students during the exhibition in a "show" to which 1,500 upper and middle school students actively participated.

Riassunto

In occasione della scadenza della VIII settimana della cultura scientifica, si è allestita una Mostra nella quale si è voluto sperimentare un percorso didattico partendo dalla dimensione spettacolare delle reazio-

MAURO BERRETTI (*)
MICHELE DEBEGNACH (**)

ni chimiche in laboratorio. La spettacolarità insita nei processi naturali accomuna lo studioso di fenomeni scientifici e l'artista, ciascuno dei quali reagisce in maniera originale agli stessi stimoli. Abbiamo voluto valorizzare questi due aspetti così diversi, sperimentandone la valenza didattica nell'ambito degli obiettivi specifici di un corso di chimica generale. Il lavoro sperimentale ha impegnato circa 400 studenti del biennio, alcune classi del triennio sperimentale (Scientifico Tecnologico e Fase) e insegnanti di Chimica e Informatica degli ITIS Fermi e Pascal. A verifica del raggiungimento degli obiettivi prefissati, si è realizzato un ipertesto multimediale che ha raccolto il lavoro compiuto in un prodotto organico che ha consentito una stimolante rielaborazione teorica e che è stato utilizzato con profitto anche da parte di chi non aveva partecipato al Progetto. Il lavoro svolto nel corso dell'anno scolastico è stato presentato dagli studenti nell'ambito della Mostra in uno "show" al quale hanno partecipato attivamente 1.500 studenti di scuola media inferiore e superiore.

NOTE DIDATTICHE

L'insegnamento e l'apprendimento della Chimica e di altre discipline scientifiche sperimentali pongono una serie di problemi di non facile soluzione in quanto presuppongono negli allievi padronanza di conoscenze di matematica e fisica, capacità logiche e di sintesi ed una certa abilità nel risolvere problemi; è importante inoltre che essi assumano un corret-

to atteggiamento sperimentale. Queste abilità e conoscenze sono di norma molto carenti e ciò suscita negli studenti difficoltà a cui fa seguito un atteggiamento di rifiuto, che finisce col generare negli stessi insegnanti un senso di frustrazione. L'uso sistematico del laboratorio fornisce insostituibili esperienze di comportamenti reali sui quali esercitare le capacità logiche degli studenti da confrontarsi con quanto compiuto dai chimici.

Ci è sembrato utile a questo proposito fornire ulteriori spunti di riflessione mettendo a fuoco un aspetto molto particolare dell'attività di laboratorio, quello della spettacolarità. Intendiamo parlare di quel momento in cui, durante le trasformazioni della materia, si manifestano proprietà chimiche o fisiche che colpiscono per il loro fascino. Un fascino, dovuto alla loro bellezza o alla loro insolita e imprevedibile tipicità, che accomuna nella stessa curiosità ed eccitazione estetica lo scienziato e l'artista, lo studente e lo spettatore. Abbiamo voluto dedicare la nostra attenzione proprio a questo momento comune iniziale verificandone la valenza "spettacolare" sia dal punto di vista estetico che didattico. È stato peraltro necessario anche un esame delle tecniche di comunicazione, verbali e gestuali, indispensabili per realizzare le condizioni adatte alla illustrazione ed alla riproduzione di fenomeni "affascinanti". L'attenzione per questo percorso, originale in Italia (con l'eccezione dell'Università di Palermo), è assai diffusa all'estero, in particolare negli Stati Uniti, dove si tengono, da almeno 25 anni, numerose dimostrazioni pubbliche organizzate da Istituzioni Universitarie e Culturali.

Ci è sembrato pertanto di grande interesse, nella speranza che prosegua il processo di riforma della scuola, avviare uno studio e una verifica delle

(*) I.T.I.S. "B. Pascal" via Brembio, 97
00100 Roma E-Mail: berretti@tin.it

(**) I.T.I.S. "E. Fermi" via Tronfale, 8737
00100 Roma

potenzialità nella didattica di questo tipo di approccio.

Il Progetto Didattico è stato articolato in 5 livelli gerarchici:

primo livello - osservazione del fenomeno

si impara ad annotare e replicare l'esperimento visto in laboratorio;

secondo livello - rielaborazione personalizzata

si scelgono i momenti più spettacolari. Si impara a scegliere tra diverse tecniche operative quella più adatta. Si scelgono i modi comunicativi in ordine alla Mostra

terzo livello - correlazione tra i dati sperimentali, i modelli e le teorie

si acquisisce l'abilità di collegare fenomeni e osservazioni ai modelli e alle teorie della Chimica, facendo ricorso a strumenti matematici e logici. Si preparano i relativi schemi a blocchi.

quarto livello - sviluppo delle abilità cognitive

si imparano a risolvere problemi chimici utilizzando le conoscenze acquisite per modificare le esperienze studiate in ordine al materiale disponibile e ai vincoli imposti dalla Mostra .

quinto livello - avvio ai percorsi razionali tipici della chimica

si riconosce la correlazione dei fenomeni in oggetto con le indagini e applicazioni più vaste della Chimica della ricerca e delle applicazioni industriali.

CENNI SUI CONTENUTI DELLA MOSTRA

Il lavoro di preparazione della Mostra, già in corso dal mese di settembre 1997, ha coinvolto **400 studenti** del biennio, alcune classi del triennio sperimentale (Scientifico Tecnologico e Fase) e insegnanti di Chimica e Informatica degli ITIS Fermi e Pascal. Per l'occasione MUSIS e il Consorzio Scuola Lavoro hanno provveduto, unitamente alle due scuole organizzatrici, ad inviare materiale illustrativo, insieme all'invito a partecipare alla Mostra nei due Istituti nei periodi dal 30 mar. al 4 apr. 1998 o dal 16 apr. al 23 apr. 1998, rivolto a tutte le Scuole Medie e Istituti Superiori. Hanno risposto positivamente numerose Scuole Medie ed Istituti Superiori. Le esperienze più significative della Mostra "Chimica Spettacolare"

sono state presentate anche alla inaugurazione della VIII Settimana della Cultura Scientifica il 30 marzo '98 al Teatro Nazionale di Roma alla presenza del Ministro della Pubblica Istruzione, del Sindaco di Roma, di personalità del mondo scientifico internazionale e di Presidi e Docenti di 250 scuole romane.

La Mostra si è articolata in :

Un momento "tradizionale"

nel quale i visitatori, guidati da studenti, si sono soffermati davanti a 20 grandi poster, hanno osservato attraverso due microscopi ottici i processi di nascita dei cristalli. In due postazioni di computer hanno potuto usare programmi interattivi e navigare nell'ipertesto di Chimica Spettacolare realizzato nella scuola e hanno visionato filmati in videocassetta usando un videoregistratore.

Un momento spettacolare

con uno **Spettacolo Didattico** insolito ed originale durante il quale, su prenotazione e secondo un orario prestabilito, sono state presentate 10 esperienze eseguite direttamente dagli studenti davanti al pubblico.

Contenuto dei poster

- Cos'è la Chimica

Chimica ieri

(testi e immagini di alchimia)

Chimica oggi

(testi e immagini di lab. e industria)

- Cos'è la Chimica spettacolare

La spettacolarità dei fenomeni chimici : Lucrezio, Humphry Davy "On some new phenomena of chemical changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies", Philosophical Transactions of the Royal Society, 1808)

- La didattica e la spettacolarità

La teatralità nell'insegnamento.

Citazioni e riflessioni. Immagini di work-shop di attori.

Comunicare contenuti ricorrendo a tecniche di recitazione.

- La didattica e la spettacolarità

Spettacolarità utile o necessaria?

Testi e citazioni.

- La spettacolarità

Il fascino della materia e delle sue trasformazioni.

Il sogno dell'uomo di controllare la natura : miti e religioni.

Immagini affascinanti nell'antichità ,

alchimia :

- lo studiolo di Francesco I de' Medici
- l'alchimista, di Giovanni Stradano
- gli orefici, di Alessandro Fei
- la miniera d'oro, di Iacopo Zucchi

- La spettacolarità nella chimica

Immagini affascinanti della chimica moderna (laboratori moderni; processi, apparati e strutture della grande industria chimica)

- La spettacolarità nell'arte

La magia della chimica nell'arte :

i colori. Formule e reazioni.

Conservazione e restauro.

- La spettacolarità nelle opere d'arte

Le produzioni d'arte ispirate al fascino dei fenomeni chimici naturali e controllati : eruzioni vulcaniche, fulmini, incendi, la luce, i colori (Van Gogh, Mirò, Mondrian).

Le Esperienze

1. L'altalena Chimica
2. Anche le pietre respirano
3. Il gas estintore
4. Calore da una pila scarica
5. Gli acidi più forti del mondo
6. La fontana chimica
7. L'energia di un uovo
8. Carbone dallo zucchero
9. Una reazione a tempo
10. La fabbrica della luce

L'ipertesto multimediale

Struttura

L'ipertesto multimediale, realizzato con il sistema autore ToolBook per ambiente Windows, presenta una struttura volutamente semplice in modo che possa essere accessibile anche ai meno esperti e capace di stimolare in questi curiosità e interesse per la materia. A tale scopo in alcune pagine di approfondimento si è ricorsi alla tecnica dell'animazione per spiegare i processi di reazione.

Ad una prima pagina di introduzione segue la schermata del menù principale dove si può scegliere uno degli otto argomenti da visitare:

Anche le pietre respirano; Calore da una pila scarica; Carbone dallo zucchero; Gli acidi più forti del mondo; Il gas estintore; L'energia di un uovo; La fontana chimica; Precipitati.

Effettuata la scelta desiderata, si entra in una pagina dove si vede il filmato dell'esperienza selezionata, con la possibilità di fermare l'immagine, ritornare indietro, scorrere veloce. L'utente mentre osserva il filmato può selezionare col mouse le opzioni del

menù laterale ed accedere agli approfondimenti, alla metodica o al glossario. Quando rientrerà nella pagina troverà il filmato fermo e pronto per ripartire dal punto in cui è stato interrotto.

Questo ipertesto è stato presentato al Forum della Pubblica Amministrazione svoltosi il 9 maggio 1998 alla Fiera di Roma dove ha riscosso attenzione e favore di pubblico.

Il gruppo di lavoro

Trattandosi di un lavoro che richiedeva competenze e professionalità diverse, si è formato un gruppo di lavoro che comprendeva, oltre agli insegnanti di chimica, anche esperti nel settore della comunicazione multimediale. In particolare hanno partecipato:

Per il progetto generale e la stesura dei testi : prof. Mauro Berretti; prof. Michele Debegnach

Per il progetto grafico: prof. Francesco Galati¹.

Per il progetto informatico e la produzione: prof. Francesco Galati.

Per l'acquisizione ed il montaggio dei contributi audio video: proff., Mauro Berretti; Roberto Di Simone¹; Francesco Galati.

Le musiche originali sono state realizzate da Maurizio Scotton studente dell'ITIS "B.Pascal"

Le riprese video sono state effettuate nei due Istituti dagli studenti coordinati dai proff. Mauro Berretti, Michele Debegnach, Serafino Vacca².

Riportiamo qui di seguito a titolo di esempio il contenuto delle pagine del "come si fa" dell'ipertesto:

CALORE DA UNA PILA SCARICA

Il mercurio, uno degli elementi più tossici e più diffusi, è presente nelle pile a bottone. Recuperandolo con un semplice trattamento chimico è ancora possibile ricavare una quantità di calore sufficiente a portare un foglio di alluminio ad una temperatura prossima ai 100 °C

Scopo: Mostrare un metodo semplice per la ricerca di tracce di mercurio.

Materiali utilizzati:

1. Pile a bottone del tipo Hg-Zn
2. Foglio di alluminio per uso alimentare
3. HNO₃ concentrato

4. Becher da 100 mL, bacchetta in vetro e imbuto
5. Carta da filtro
6. Acqua distillata
7. Termometro (0-150 °C)
8. Etere dietilico o etere di petrolio o alcool etilico.

Preparazione della soluzione di Hg (II)

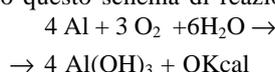
Dopo aver aperto la pila (con un paio di pinze) si estrae la miscela solida contenente Hg, HgO e grafite e la sipone in un becher. Si aggiunge poi 1 ml di HNO₃ concentrato agitando e, dopo alcuni minuti, 10 ml di acqua distillata. Si decanta e il surnatante che contiene lo ione Hg (II) viene utilizzato nell'esperimento. Un foglio di alluminio, previamente sgrassato con etere, viene fatto aderire con cura al bulbo di un termometro e immerso nella soluzione di mercurio (II) per alcuni secondi. Si estrae, si asciuga con carta da filtro e si espone all'aria. La temperatura sale rapidamente fino a 80-100 °C e si formano fiocchi di ossido di alluminio idrato, di colore bianco.

Sicurezza:

Il mercurio ed i suoi composti sono tossici. Usare le opportune cautele, al termine della esperienza raccogliere i fogli di Al trattati con la soluzione di Hg(II) ed eliminarli dissolvendoli in HCl concentrato.

Approfondimenti:

La reazione di ossidazione è attivata dalla formazione dell'amalgama di Al. L'ossido di alluminio si idrata immediatamente con l'umidità dell'aria secondo questo schema di reazione:



CARBONE DALLO ZUCCHERO

Lo "zucchero" di uso quotidiano è il saccarosio, C₁₂H₂₂O₁₁, un composto organico formato da carbonio, idrogeno e ossigeno. Dopo l'attacco con acido solforico rimane soltanto un cilindro nero di carbone (carbonio) con caratteristiche completamente diverse da quelle originarie.

Scopo: Riconoscere la presenza del carbone nello zucchero

Materiale:

1. Becher da 50 mL
2. Bacchetta di vetro
3. Zucchero commerciale (circa 50 g)
4. Acido Solforico concentrato (circa 50 mL)

Procedimento:

Versare lo zucchero nel becher da

50 mL e aggiungere l'acido solforico. Con la bacchetta di vetro rimestare fino a che la massa non sia fluida. Subito dopo comincia la reazione.

Sicurezza:

L'acido solforico è corrosivo, molto pericoloso, a contatto con la pelle la distrugge e sviluppa calore. Indossare i guanti e gli occhiali. Tenere a portata di mano una soluzione di base diluita (antiacido). Usare molta cautela perché durante la reazione si sviluppa forte calore e gas tossici.

Approfondimenti:

SACCAROSIO+ (acido solforico) →
→ CARBONIO + ACQUA

LA FONTANA CHIMICA

E' possibile sollevare l'acqua contro la forza di gravità sfruttando la depressione provocata dalla dissoluzione dell'ammoniaca nell'acqua.

Scopo: Osservare un'applicazione della solubilità di un gas (ammoniaca).

Materiale:

1. 2 beute da 250 mL
2. 2 tappi n° 7
3. 1 siringa da 5 mL
4. 1 tubo di vetro per raccordare le due beute
5. soluzione di idrossido di ammonio concentrato
6. fenolftaleina

Procedimento:

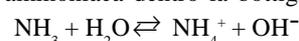
Saturare di gas ammoniaca una delle due beute avvinandola con ammoniaca concentrata e tapparla rapidamente. Riempire di acqua, contenente alcune gocce di fenolftaleina, l'altra beuta. Montare le due beute a clessidra collegandole con il raccordo di vetro e disponendo in basso la beuta con l'acqua. Prelevare con la siringa 2-3 mL di acqua e iniettarla con la siringa, attraverso il tappo, nella beuta superiore. L'acqua comincerà subito a zampillare dentro la beuta superiore colorandosi per effetto dell'indicatore.

Sicurezza:

L'ammoniaca è molto pericolosa soprattutto per gli occhi, indossare gli occhiali protettivi e lavorare sotto cappa.

Approfondimenti:

L'idrossido di ammonio concentrato è una soluzione in equilibrio con il gas ammoniaca dentro la bottiglia.



L'iniezione di acqua permette di solubilizzare una certa quantità di gas

¹ I.T.I.S. "B. Pascal" via Brembo 97, Roma
² I.T.I.S. "E. Fermi" via Trionfale 8737, Roma

ammoniaca, sottraendola all'atmosfera satura circostante. Questa diminuzione comporta una brusca caduta della pressione nella beuta superiore sufficiente a creare un'aspirazione dell'acqua sottostante. Il fenomeno procede finché tutta l'ammoniaca è stata dissolta.

IL GAS ESTINTORE

L'anidride carbonica (Diossido di carbonio) è un gas incolore, inodore che si libera per trattamento con acidi di certi solidi quali il travertino, il marmo, il bicarbonato di sodio o il guscio d'uovo. Una sua particolarità è quella di non essere combustibile ed essendo più pesante dell'aria può scacciarla impedendo all'ossigeno in essa contenuto di alimentare una combustione.

Scopo: Esaminare l'effetto dell'anidride carbonica sulla fiamma di una candela.

Materiale:

1. Bottiglia a due colli da 500 mL
2. Imbutto separatore da 200 mL
3. Tubo di raccordo
4. Beuta da 500 mL con tappo di gomma
5. Becher da 600 mL
6. Candela
7. Travertino frantumato in piccoli pezzi
8. Fiammiferi

Procedimento:

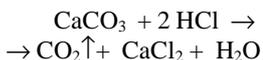
Introdurre i pezzi di travertino nella bottiglia a due colli fino a ricoprirne il fondo, sistemare tutti i raccordi. Capovolgere la beuta piena d'acqua, tappata, nel becher riempito per la metà circa. Collegare il raccordo, aggiungere l'acido facendo gorgogliare il gas all'interno della beuta. Quando tutta la beuta è piena di gas, tapparla sotto il livello dell'acqua e poggiarla sul tavolo. Accendere la candela e posizionarla all'interno del becher in modo che la fiamma si trovi sotto il bordo del becher. Versare ora il contenuto della beuta nel becher con movimento brusco.

Sicurezza:

L'acido cloridrico è corrosivo, aggressivo per le vie respiratorie e per gli occhi. Indossare i guanti e gli occhiali. Tenere a portata di mano una soluzione di base diluita (antiacido)

Approfondimenti:

Il travertino, il marmo e il guscio d'uovo sono formati da CaCO_3 , per reazione con acido cloridrico si sviluppa anidride carbonica secondo la reazione:



Tutte le reazioni di combustione, compresa quella della candela, richiedono la presenza di ossigeno quale comburente. La CO_2 può, a causa della sua densità, sostituire l'aria del becher impedendo il contatto tra la fiamma e l'ossigeno. Un tipo diffuso di estintori è ad anidride carbonica.

ANCHE LE PIETRE RESPIRANO

L'acido cloridrico libera dalle pietre calcaree un gas che viene identificato con due reazioni chimiche. Si tratta del biossido di carbonio. Le stesse reazioni applicate al respiro umano dimostrano che in esso è presente lo stesso gas.

Scopo: Confrontare le caratteristiche del gas sviluppato per trattamento delle pietre calcaree con acido con quello emesso durante la respirazione.

Materiale:

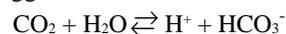
1. Bottiglia a due colli da 500 mL
2. Imbutto separatore da 200 mL
3. Tubo di raccordo
4. Beuta da 500 mL con tappo di gomma
5. Travertino frantumato in piccoli pezzi
6. Soluzione basica
7. Soluzione satura di idrossido di calcio
8. Fenolftaleina
9. 2 pipette tarate
10. Acido cloridrico
11. Provette

Procedimento:

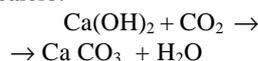
Introdurre i pezzi di travertino nella bottiglia a due colli fino a ricoprirne il fondo. Montare l'imbutto separatore nel foro centrale e il raccordo nel foro laterale. Facendo attenzione che il rubinetto sia chiuso, introdurre l'acido cloridrico nell'imbutto. Far pescare l'estremità del raccordo in una provetta contenente soluzione basica con fenolftaleina. Si sviluppa un'effervescenza che provoca il gorgogliamento nella provetta. Proseguire fino a completa decolorazione della soluzione nella provetta stessa. Ripetere usando invece della soluzione basica una soluzione limpida di acqua di calce (idrossido di calcio). Dopo la formazione del precipitato proseguire ancora fino alla sua completa dissoluzione. Ripetere le stesse operazioni usando una pipetta con la quale soffiare nelle soluzioni.

Approfondimenti:

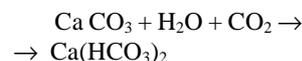
Nella prima esperienza l'aggiunta del gas emesso dal travertino equivale all'aggiunta



di un gas con deboli caratteristiche acide che reagisce con la base neutralizzandola. In eccesso di CO_2 la reazione della soluzione diventa acida con la conseguente decolorazione della fenolftaleina. Nella seconda esperienza l'aggiunta del gas emesso dal travertino provoca la netta formazione di un precipitato di carbonato di calcio:



L'eccesso di CO_2 provoca la dissoluzione di questo precipitato in quanto lo trasforma in bicarbonato di calcio, solubile in acqua:



GLI ACIDI PIU' FORTI DEL MONDO

Tre acidi concentrati sono messi a contatto rispettivamente con una striscia di carta, con una lastrina di alluminio, con trucioli di rame. Dal comportamento osservato se ne deduce l'impossibilità di stabilire quale acido sia il più "forte" dal momento che ciascuno è a turno particolarmente aggressivo con una specifica sostanza.

Scopo: cercare di stabilire quale dei tre acidi sia in assoluto il più "forte"

Materiale:

1. acido cloridrico, nitrico, solforico concentrati
2. strisce di carta
3. lastrine di alluminio
4. trucioli di rame
5. 9 provettoni
6. 3 sostegni

Procedimento:

Mettere ciascuno dei tre acidi concentrati a contatto rispettivamente con una striscia di carta, con una lastrina di alluminio, con trucioli di rame.

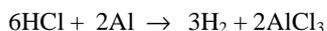
Approfondimenti:

1) carta: l' H_2SO_4 è fortemente avido di acqua al punto da spezzare le molecole della carta che sono formate di C, H e O per estrarne tutto l' H_2 e l' O_2 , ricombinandoli in acqua (H_2O) e assorbendo questa dentro di sé. Quello che rimane è carbone (C) bagnato di H_2SO_4 . Gli altri due acidi sono senza effetto sulla carta.

La colorazione gialla che compare con

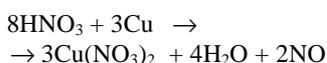
l'HNO₃ è dovuta alla reazione con la parte proteica contenuta nella carta (reazione xantoproteica).

2) alluminio : l'HCl a contatto con l'alluminio scambia elettroni e trasforma l'alluminio in un sale mentre il suo idrogeno diventa il gas H₂ che si manifesta come effervescenza.

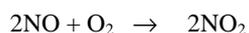


Gli altri due acidi, entrambi ossidanti, ricoprono il metallo di uno strato di ossido che impedisce il procedere dell'attacco.

3) rame : l'HNO₃ è un forte ossidante in grado di privare il rame di due elettroni



l'NO si combina con l'ossigeno dell'aria per dare



I fumi marroni sono il gas NO₂.

La soluzione è verde per la mescolanza tra il marrone del "fumo" e il celeste dello ione rame e diventa celeste perché l'aggiunta di acqua per diluizione dissolve il gas marrone.

PRECIPITATI

Il mescolamento di due soluzioni acquose comporta una reazione chimica di precipitazione con la formazione di un composto insolubile proveniente dalla ricombinazione delle sostanze presenti.

Scopo: Ottenere la formazione di composti insolubili in soluzione acquosa

Materiale:

1. 2 provette da batteriologia
2. Beuta da 250 mL contenente una soluzione 0,1 M di K₂CrO₄
3. Beuta da 250 mL contenente una soluzione 0,1 M di Pb(NO₃)₂
4. 2 contagocce
5. 2 bacchette di vetro

Procedimento:

Versare in una provetta alcuni mL della soluzione di K₂CrO₄ e a questa aggiungere goccia a goccia la soluzione di Pb(NO₃)₂. Rimescolare con la

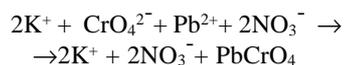
bacchetta di vetro. Procedere come sopra invertendo le soluzioni.

Sicurezza:

Le due sostanze utilizzate sono entrambe tossiche, usare le opportune cautele.

Approfondimenti:

Il cromato di potassio K₂CrO₄ in soluzione reagisce con l'acqua separandosi in parti elettricamente cariche. Lo stesso avviene con il nitrato di piombo Pb(NO₃)₂



Il cromato di piombo PbCrO₄ (precipitato giallo) così ottenuto è impiegato come colorante.

L'ENERGIA DI UN UOVO

Avvicinando un fiammifero ad un guscio di uovo, precedentemente riempito di gas idrogeno, si provoca una fragorosa esplosione che lo frantuma.

Scopo: Controllare le condizioni in cui avviene l'esplosione di un gas infiammabile.

Materiale:

1. Guscio d'uovo vuoto
2. Apparecchio per la produzione dell'idrogeno
3. Vaschetta con sabbia

Procedimento:

Svuotare l'uovo praticando due fori all'estremità. Sigillare con lo scotch uno dei due fori. Immettere con un capillare il gas idrogeno all'interno dell'uovo tenendolo rovesciato, in quanto l'idrogeno è più leggero dell'aria. Posizionare l'uovo sulla vaschetta piena di sabbia tenendo verso l'alto l'apertura. Avvicinare rapidamente un fiammifero acceso al foro.

Sicurezza:

Indossare gli occhiali. Ricordare che si possono formare miscele esplosive anche nelle apparecchiature di produzione dell'idrogeno, tenere lontane le fiamme.

BIBLIOGRAFIA

Libri

- 1) Roesky - K. Möckel, "Chemical Curiosities" V C H, Weinheim Federal

Republic, 1996

2) Blecha M.T., "Chemical demonstrations proceedings" Western Illinois University, Macomb Illinois, 1981

3) Chen P. S., "Entertaining and educational chemical demonstrations" Chemical elements Publishing Co, Camarillo California, 1974

4) Mitchell, J., "Some classroom procedures" in J. R. Baird and J. R. Northfield (eds). Learning from the Peel Experience (Milton Keynes Open Univ Press) 1992

5) Novak J. D., "Learning how to learn" (Cambridge; Cambridge Univ Press) 1984

6) Pfundt. H., "Bibliography: students' alternative frameworks and science education" (Kiel: Inst for science education, Univ of Kiel) 1994

7) Shakhshiri B.Z., "Chemical demonstrations, A handbook for teachers of chemistry", 1985 The University of Wisconsin Press

8) White, R. T., "Learning science" (Oxford: Blackwell) 1988

Articoli

9) Bailey P.S., *J.Chem.Educ.* 1975, **52**,524-25 (producing a chemistry magic show)

10) Epstein I.R., Patterns in time and space generated by chemistry, *Chemical and Engineering news*, march 30, pag 24-36, 1989

11) Floriano M.A., *CnS Chimica nella Scuola*, sett-ott 4, 8, 1993 La magia della chimica, uno spettacolo di colori e reazioni, Univ. di Palermo

12) Hofstein, A., The role of the laboratory in science teaching, *Review of ed research*, **52**, 201 - 17 1982

13) Watson, R., The effect of practical work on students' understanding of combustion, *J. of reasearch in science teaching*, **32**,487-502 1995

14) Decet F., Come utilizzare in laboratorio una pila scarica e un foglio di alluminio *CnS La Chimica nella Scuola*, Marzo 1988

Video

15) Manzelli P., Le reazioni chimiche oscillanti, Università degli Studi di Firenze, Centro didattico televisivo, Videoteca di Ateneo, programma 247/A

UNO SGUARDO
DALLA
CATTEDRA



Formazione bignamica o recupero della memoria?

Nel lontano 1931 il professor Ernesto Adamo Bignami pubblicò una serie di libretti definiti dal Cortellazzo-Zolli, volumetti che “riassumevano in forma piana le nozioni basilari delle varie materie di insegnamento scolastico”. Questi libretti hanno incontrato per decenni una grande fortuna tra gli studenti che li hanno utilizzati, nella migliore delle ipotesi, per risparmiarsi la fatica di preparare degli schemi riassuntivi che facilitassero l’inquadramento e la memorizzazione di quanto appreso, nella peggiore delle ipotesi venivano usati per prepararsi affrettatamente alle interrogazioni e per scopiazzare durante i compiti in classe.

Gli insegnanti di vecchio stampo tutto sommato tolleravano questo uso improprio dei Bignami e ne erano in parte responsabili in quanto esageravano nel pretendere la memorizzazione di lunghi elenchi di date, di formule, di nomi, di titoli ecc.; si facevano prendere la mano da una certa “routine” didattica e davano per scontato che, se il soggetto aveva memorizzato bene i fatti, prima o poi avrebbe finito per capire anche i concetti; accettavano la ripetizione meccanica delle definizioni, se venivano organizzate esercitazioni ed applicazioni pratiche di vario tipo, queste assumevano un carattere di puro addestramento e veniva lasciato in ombra il legame con la teoria.

Dietro queste scelte didattiche c'erano sicuramente posizioni di comodo: adagiarsi sulle buone e vecchie abitudini è estremamente riposante; istintivamente si cercava di ignorare che il mondo stava cambiando sempre più rapidamente e il numero di conoscenze importanti da ricordare stava crescendo fuori di misura, per cui si imponevano delle scelte.

Per scegliere in modo non casuale si richiedeva una riflessione storica ed

epistemologica di fronte alla quale gli insegnanti italiani si sentono impreparati; senza parlare, e con questo passiamo a tempi più recenti, del tormento della verifica che faceva sentire gli insegnanti, anche se non lo confessavano, completamente inadeguati. Anche in questo caso non rimaneva che rifugiarsi nelle vecchie abitudini che danno sicurezza ossia verificare, mediante una interrogazione (in stile inquisitorio) se le nozioni erano state adeguatamente memorizzate con buona pace di Bloom, di Ausubel, di Landsheere e dei nostrani Vertecchi e Gattullo.

Dopo il periodo delle agitazioni studentesche questi libretti conobbero un certo declino, non servivano più a causa della dura contestazione da parte degli studenti dello studio puramente mnemonico che i docenti avevano in qualche modo privilegiato, contestazione che poi degenerò in una sorta di tabù cioè nella condanna più assoluta di ogni forma di nozione.

L'antinozionismo segnò in effetti il declino dei volumetti che riassumevano in forma piana le nozioni basilari, anzi di alcuni libri di testo si diceva con disprezzo: è un bignami!

Una posizione, corretta in partenza, che si era tramutata in ideologia per non dire in demagogia.

Per gli studenti si tradusse in una posizione di comodo: nessuna fatica per ricordare, le nozioni che venivano maldestramente sostituite da contorti ragionamenti infarciti di “cioè”.

Anche l'esame di stato si adeguò a questi nuovi orizzonti culturali e fu varata la sperimentazione del 1969 dove le materie di esame erano ridotte al minimo e si doveva appurare una non meglio definita maturità culturale, sociale e umana mediante un paio di prove scritte e di una chiacchierata su alcuni contenuti ampiamente

prevedibili.

Naturalmente le “nozioni” cacciate dalla porta rientravano dalla finestra, rientravano sotto forma di informazioni, estremamente sintetiche, ma debordanti come numero, per effetto dei *mass-media*. A causa del loro numero ed a causa della loro sinteticità non di rado rappresentavano il trionfo della superficialità.

Una prova evidente dell'indulgenza con cui si guardava al mondo extrascolastico è rappresentato dalla lettura dei giornali in classe: operazione positiva e interessante per certi aspetti (esercitare gli alunni ad una lettura critica dell'informazione) finiva spesso per legittimare presso gli studenti un linguaggio scritto sciatto, povero, gergale e sgrammaticato e finiva altresì per abituarli ad una visione delle cose superficiale ed ascientifica.

Questa demagogia antinozionistica, nemica della fatica, abbinata alla demagogia dell'autovalutazione e della non selezione, ha prodotto il disastro che tutti conosciamo. A ciò si è sommato più tardi il fatto che la lettura veniva abbandonata a favore della lingua parlata (televisione) e della comunicazione parcellizzata (Internet). Il risultato è sotto i nostri occhi.

Molti alunni di scuola secondaria superiore, non tutti naturalmente, farfugliano invece di parlare, grammaticalmente sono coevi dell'uomo di Neanderthal e soprattutto, mancando loro l'esercizio, hanno una memoria labilissima.

Poi è iniziata l'era Berlinguer il quale, lottando strenuamente contro lo strapotere delle direzioni generali, contro la demagogia populista, contro la chiusura corporativa del personale della scuola e contro il settarismo delle associazioni disciplinari cerca di introdurre delle novità.

Non abbiamo ancora avuto il bene di capire quanto queste novità, che avanzano a macchie di leopardo, siano positive anche perché le reazioni del corpo sociale alle riforme spesso sono imprevedibili, variabili nel tempo e sorprendono, primo tra tutti, lo stesso legislatore. È il problema dei sistemi complessi.

Non appena Berlinguer l'Astuto ha allargato con fare sornione la base dell'esame di stato, pretendendo che gli studenti dimostrino la loro maturità attraverso le conoscenze scientifiche e letterarie delle varie materie, che cosa succede? Come i funghi

rispuntano con veste moderna i Bignami e non solo quelli che si fregiano dello storico nome, ma tutta una pleiade di libercoli similbignami destinati a sostenere i nostri fragili alunni nell'affrontare questa nuova epica impresa.

Il *business* intanto è assicurato.

L'esame di stato è una faccenda delicata perché in prima istanza costitui-

sce un banco di prova non solo per gli alunni ma anche per i docenti, anche se a rigore di termini il volere giudicare l'operato del docente solo sulla base dei risultati degli studenti è riduttivo.

La memoria e soprattutto l'organizzazione della memoria è un aspetto essenziale, anche se parziale, dell'apprendimento (primo livello della

tassonomia di Bloom), e se uno studente non dispone di uno strumento migliore usi pure i Bignami; se si riduce a studiare a memoria i Bignami, volendo, sarà facilmente smascherabile. Insomma non si auspica una formazione bignamica ma soltanto il recupero e l'uso corretto della memoria.

Ermanno Niccoli



CONVEGNO NAZIONALE "Etica della professione docente"

Si è tenuto a Bologna il 16 Aprile 1999 il Convegno nazionale su "Etica della Professione Docente".

L'ADI ha voluto assumere come prima iniziativa pubblica la costruzione e la presentazione ufficiale del Codice Etico-Deontologico della Professione Docente, finora inesistente in Italia.

E' parso questo il modo più significativo e responsabile di ribadire l'appartenenza della docenza al mondo delle professioni che sono, come è noto, tutte dotate di un proprio codice deontologico.

Il codice, presentato e discusso nell'ambito del convegno, sarà innanzitutto vincolante per gli aderenti all'ADI, ma l'associazione rilancia la sfida ai singoli Collegi dei Docenti, sollecitando ogni scuola autonoma a divenire il luogo di una nuova e più alta professionalità, di nuovi e più alti comportamenti etico-professionali.

La relazione introduttiva, della Presidente Alessandra Cenerini, ha posto l'accento sullo sviluppo delle etiche professionali divenuto elemento fondante in tutte le società avanzate sia per l'obiettivo rilevanza che hanno assunto le professioni, il cui sviluppo è sostanzialmente fondato sulle conoscenze e competenze tecnico-scientifiche, sia per l'entità delle questioni che le professioni affrontano e sollevano, basti pensare al campo della bioetica.

In questa situazione è abbastanza sorprendente che la professione docente, che sta alla base dello sviluppo di tutte le altre professioni, non abbia mai avuto in Italia un proprio codice etico-deontologico. La prof. Cenerini ha ribadito l'esigenza di rafforzare l'associazionismo professionale e la nuova missione della scuola che richiede sempre più "formazione" contro "socializzazione".

Interessate a mio parere è stata la relazione del Prof. Gian Paolo Prandstraller

"L'etica delle professioni emergenti" che ha dato una panoramica puntuale e ampia sulla nascita delle professioni e sulle necessità dello sviluppo delle stesse nel XX secolo. La relazione del Prof. Carlo Flamigni ha illustrato il "Codice etico deontologico dei medici" e come la tradizione deontologica della medicina occidentale riconosce contenuti etici al rapporto che si instaura tra medico e paziente.

In conclusione ritengo che il Convegno abbia dato un valido contributo, con gli interventi di altre associazioni professionali che vi hanno partecipato, a ribadire come la professionalità del docente debba essere considerata essenziale in una scuola che si sta trasformando e che non può prescindere da professionisti di qualità.

Pasquale Fetto

LE GIORNATE DI STUDIO SULLA "Formazione scientifica nelle scuole secondarie"

Per il terzo anno consecutivo si sono svolte a Trieste, dal 3 al 5 maggio scorso, le "Giornate di studio sulla formazione scientifica nelle scuole secondarie". Il programma che il Comitato organizzatore del Seminario di Scienza e Tecnologia della Facoltà di Scienze dell'Università di Trieste (G.Costa, M.Giorgi, G.Calucci) ha predisposto quest'anno per la Divisione di Didattica Chimica della Società Chimica Italiana e per la Associazione degli Insegnanti di Fisica faceva, ancor più che i precedenti, riferimento alla situazione della scuola secondaria italiana, contemporaneamente investita, dalle materne all'Università, da una così ampia scelta di proposte di riforme, quale non si era mai prima presentata. Ai problemi tradizionali della didattica delle scienze, trattati ad alto livello da studiosi come U. Margiotta (I problemi della formazione degli insegnanti), L.Cerruti (Finalità educative della storia e dell'epistemologia delle scienze), M.Giorgi (La costruzione epistemologica della Fisica) e P.Mirone (Perché la chimica è difficile?), F.Bleza (Formare l'insegnante, formare il ricercatore), si sono così aggiunti i temi trattati da T. Pera (ITIS Cobiaichi di Verbania) e P. Dall'Antonia (ITI A.Volta di Trieste) sull'area del progetto, da P.Fetto (Sicurezza e cultura della sicurezza) e da F.Carasso

- Mozzi (Didattica modulare nell'ottica dell'autonomia).

Le presentazioni di L.Papa (Sviluppare le potenzialità di apprendimento: il metodo Feuerstein) e di docenti del Liceo Scientifico di Treviso (L. Bari, F. Ronfini, S. Dato) con E.Poletti del Liceo Scientifico di Montebelluna (Esperienze di educazione e formazione scientifica nel campo sperimentale per aree trasversali e con ricerca di sviluppi verticali) hanno avuto anche il grande pregio di mostrare che, nonostante lo stato di frustrazione, di sconforto e disorientamento che regna in questo momento nelle nostre scuole (la scarsa presenza al convegno di docenti in servizio veniva giustificata anche dalle gravi incombenze nell'imminenza del nuovo "Esame di Stato"), vi sono ancora insegnanti entusiasti e capaci sui quali si può contare come indispensabili protagonisti della ormai urgente rinascita. L'esistenza di queste punte di eccellenza professionale e di dedizione al difficile compito della formazione scientifica dei giovani, contrasta con la scarsa disponibilità a sollevarsi dal degrado che si riscontra nella media dei docenti. Essi non trovano più, evidentemente, motivazioni sufficienti per il loro lavoro. Ma è anche vero che nessuna riforma potrà riuscire se non si rianimerà l'intera classe dei docenti ridando loro consapevolezza della funzione insostituibile che esercitano per la formazione dei cittadini e l'avvenire della comunità e assicurando loro una adeguata posizione sociale ed economica.

Queste considerazioni portano a dedicare particolare attenzione alla parte rilevante che nel convegno è stata data alla preparazione di nuovi docenti con le Scuole di Specializzazione (SdS). La realizzazione di queste scuole potrebbe infatti rappresentare una svolta epocale nella formazione dei docenti delle scuole secondarie.

Per la prima volta infatti si predispose uno strumento specificamente destinato alla preparazione all'insegnamento in quelli che saranno i nuovi cicli scolastici. Il fatto che le SdS non siano incardinate nella Facoltà di Scienze della Formazione bensì facciano ricorso alle risorse e alle competenze di tutte le Facoltà dell'Università (o delle Università consorziate) di una Regione ha come effetto che la definizione dei contenuti disciplinari, diviene competenza di tutte le Facoltà mentre gli insegnamenti pedagogici rimangono di competenza delle Facoltà di Scienze della Formazio-

ne. Si coinvolge così il mondo accademico nel compito, finora trascurato, di integrare, in un unico percorso per la formazione del docente, la preparazione disciplinare con una indispensabile preparazione pedagogica ed epistemologica. Sembra ovvio che la cosiddetta "laurea breve" permette di entrare nelle SdS dopo soli tre anni di studi universitari e di ridurre il bagaglio concettuale, le informazioni e gli approfondimenti a un minimo di nodi concettuali "forti" e di informazioni pratiche, diverse per ogni indirizzo della scuola.

Il ripensare, non solo per il profilo quantitativo ma anche per quello qualitativo, i contenuti disciplinari, riconoscendo nodi concettuali irrinunciabili e individuando percorsi e strategie didattiche, è un compito nuovo per chi è occupato nella ricerca disciplinare accademica e nella relativa didattica, e non ha mai affrontato problemi pedagogici.

Vi è quindi, nel mondo accademico delle scienze sperimentali, una certa impreparazione psicologica ad interessarsi delle SdS e addirittura una incompatibilità con le motivazioni tradizionali del docente universitario. Non è quindi facile reperire nelle Facoltà le competenze disponibili per questo indispensabile e delicato lavoro. Per questi motivi i gruppi di docenti che si interessano della definizione dei contenuti e dei metodi degli insegnamenti nelle SdS incontrano spesso comprensibili difficoltà.

L'intervento di G.Luzzatto (Insegnanti: competenze disciplinari e competenze professionali), conteneva un esame della situazione che ha dato luogo ad una delle più interessanti discussioni delle "Giornate". Gli aspetti generali del problema, affrontati da tempo in modo approfondito nell'Università di Bologna, sono stati presentati da P.E.Todesco (Il contributo dell'Università di Bologna alla Scuola di Specializzazione), da E.Torracca (Il laboratorio nelle scuole di specializzazione) e da P.Riani (La scuola di specializzazione: le riforme dell'ordinamento scolastico e la scuola secondaria di primo grado). Le proposte dettagliate per la SdS dell'Emilia-Romagna, avanzate dall'Università di Modena, hanno fatto oggetto della esposizione di G.Gavioli (Struttura e contenuti disciplinari degli indirizzi scientifici). Lo stato dei lavori per il Piemonte è stato illustrato da R.Carpignano (La Scuola di Specializzazione nell'esperienza torinese), per il Veneto da G. Michelon (Scuola di Specializzazione nel Veneto), per la Toscana da A.Bargellini. Uno sguardo alla situazione in Austria e in Slovenia è stato offerto dai contributi di H. Kuehnelt di Vienna (NetScience and Other Projects - The Internet as a Treasure Chest and a Meeting Place for Science Teachers), e di D.Krnel e M.Vrtacnik di Lubiana (High School Chemistry Reform in Slovenia). Infine, la Dott. P.Rodari dell'Associazione Educazione-Scienza di Trieste (Consulenza e documentazione: una proposta di ser-

vizio per insegnanti nell'Università) ha presentato una proposta di ricerca di nuove strategie nell'insegnamento e nella divulgazione delle scienze che potrebbe stimolare la tanto necessaria collaborazione fra docenti Universitari e docenti delle scuole secondarie nell'ambito del Centro Interdipartimentale di Ricerca e Didattica (CIRD) di Trieste.

Il convegno ha messo in luce proposte e programmi che possono essere considerati "modelli" per le Scuole di Specializzazione. Ha dimostrato che gruppi di esperti attivi in molte sedi, sono seriamente impegnati nello studio di tali modelli perché convinti della necessità di realizzare questo indispensabile nuovo percorso formativo dei docenti delle scuole secondarie. È auspicabile che i criteri didattici innovativi nella preparazione dei nuovi docenti, messi a punto nelle regioni dove il processo di organizzazione è più avanzato siano conosciuti, analizzati ed eventualmente adottati anche nelle sedi in cui il lavoro di avvio delle SdS non è ancora nella fase conclusiva.

Il lavoro, di cui le "Giornate" di Trieste sono state un parziale ma chiaro riflesso deve essere ulteriormente diffuso per convincere un maggior numero di colleghi ad unirsi a noi per il bene della nostra scuola e dell'avvenire del Paese.

Giacomo Costa

PRIMA GIORNATA DI STUDIO

"Quali competenze per i nuovi curricula? Il contributo delle associazioni disciplinari"

Il giorno 8 maggio, presso la Biblioteca Zambeccari del Liceo Ginnasio "Luigi Galvani" via Castiglione 38, si è tenuta la prima giornata a carattere di seminario di studio organizzata dall'Associazione "Progetto per la scuola" - Bologna, con la collaborazione delle Associazioni disciplinari nazionali della scuola: A.E.E.E.-A.I.C.-A.I.F.-A.I.I.G.-A.N.I.S.N.-CLIO'92-LEND-S.C.I. Divisione di didattica. - TESOL ITALY e del Forum delle Associazioni disciplinari della scuola-Bologna, con il patrocinio del CIRE (Centro Interdipartimentale di ricerca educativa) dell'Università di Bologna e del CONCURED (Conferenza dei centri universitari di ricerca educativa e didattica). La Divisione di Didattica, intervenuta ai lavori con un gruppo abbastanza consistente (numero massimo consentito 6-7 persone per associazione) era rappresentata dai proff. F.Olmi (relatore della proposta di curriculum per il biennio della s.s.s.), E.Niccoli (vicepresidente della divisione), L.Mascitelli (componente del direttivo), P.Mirone, (direttore della nostra rivista CnS), P. Riani (presidente della Sez. Toscana della SCI), P.Fetto (componente del direttivo e redattore di CnS).

I lavori

Il programma della giornata si è svolto con due distinte modalità: nella mattinata, alla presenza del Presidente del CONCURED prof. G. Luzzatto, del dott. Vittorio Campione (segretario particolare del Ministro) e al dott. Giuseppe Cosentino (dirigente generale dell'istruzione classica e direttore del coordinamento nazionale per l'autonomia), sono state presentate le proposte curriculari da parte dei rappresentanti delle diverse Associazioni disciplinari; nel pomeriggio si sono sviluppati lavori di gruppo su quattro tematiche emerse dalle precedenti riunioni del Forum:

La prof.ssa R.D'Alfonso, Presidente dell'Associazione "Progetto per la scuola", ha coordinato con efficacia e competenza i lavori della mattinata ed ha illustrato l'obiettivo della giornata e cioè: <il confronto e la discussione sulle proposte dei curricula disciplinari e/o di area scaturite dopo un anno di confronti in seno al Forum delle A.D., sui temi della modularità e della trasversalità cui "Progetto scuola" ha partecipato con convinzione>. La prof. D'Alfonso ha formulato l'auspicio che a questa giornata ne seguano altre sulla progettazione dei curricula disciplinari in una prospettiva comune. Dopo i saluti di rito, sono state fatte le comunicazioni relative alle seguenti proposte di curricula:

1) curriculum di storia (proff G.Ghidotti, Clio'92, e prof. M.Gusso, LANDIS); 2) curriculum di economia e diritto (prof.ssa E. Sorrenti Nocentini); 3) curriculum di lingua straniera (prof.ssa F.Quartapelle, LEND e prof.ssa L.Lopriore, TESOL Italy); 4) curriculum di Fisica (prof. ssa C. Romagnino, AIF); 5) Curriculum di Chimica (prof. F. Olmi, DD/SCI e prof.ssa G.Mauro, AIC); 6) curriculum di Scienze Naturali (prof.ssa C. Todaro, ANISN); 7) curriculum di Geografia (Prof. G. Staluppi, AIIG); 8) curriculum di Matematica (A.M. Arpinati). Al termine dei lavori della mattina è intervenuto il dott. G.Cosentino il quale si è soffermato in modo particolare su due questioni:

-l'esigenza del MPI di passare in tempi rapidi (entro Giugno) a contattare le singole Associazioni per mettere a punto definitivamente i "nuovi programmi" per la scuola dell'autonomia, senza attendere la riforma dei cicli; questi "programmi" saranno pubblicati sugli Annali della PI per sottoporli a dibattito e saranno successivamente resi operanti;

-vari problemi connessi alla piena attuazione dell'autonomia e al necessario sostegno alle scuole.

Riportiamo di seguito l'intervento del dott. Cosentino che a nostro avviso potrà chiarire il pensiero del "Ministero".

<Auspiciando la pubblicazione dei documenti illustrati al fine di aprire un'ampia riflessione sui processi formativi, anticipa un prossimo invito alle a.d. presso il Ministero per continuare la discussione. Sottolinea la necessità di aprire la scuola ai

saperi nuovi richiesti dalla società civile: a questa domanda risponde l'autonomia, la quale dovrebbe evitare la dispersione che, fino ad ora, è stata conseguenza degli interventi extracurricolari (le varie 'educazioni') predisposti dai singoli responsabili identificati dal Collegio dei Docenti che spesso si sono sovrapposti alla didattica consueta senza entrare in sinergia con essa ma anzi sono stati percepiti quali elementi di disturbo. Sarà compito dell'autonomia far entrare nella programmazione curricolare quello che le scuole fino ad oggi hanno fatto per rispondere alle richieste della società e ha gravato sui singoli docenti senza integrarsi nella programmazione didattica. Questo implica una ristrutturazione dei processi formativi, tale da evitare a quegli interventi quel margine di estemporaneità che li ha contrassegnati, con il rischio di destrutturare il curriculum stesso. Il Ministero sta attuando degli interventi finanziari su piste preferenziali, al fine di potenziare alcune competenze fondamentali della formazione scolastica, in relazione al progetto formativo delle singole scuole (POF). Un'altra parte delle iniziative del Ministero è orientata a sostenere finanziariamente la caratterizzazione territoriale dell'intervento didattico. Oltre a questi strumenti, un'attenzione particolare è destinata dal Ministero ai contenuti stessi dell'istruzione, tesa a sanare le lacune che emergono nel sistema: in ambito scientifico, per esempio, si manifesta una mancanza sensibile nella didattica delle discipline; allo stesso modo anche le lingue straniere e in particolare l'inglese meritano un'attenzione speciale (non è più accettabile che si assimili la competenza linguistica più bassa alla conoscenza 'scolastica'). Così l'educazione linguistica anche nella lingua materna va curata a tutti i gradi e ordini di scuola con un'attenzione alta alle competenze indispensabili. Appare peraltro chiaro ormai che la conoscenza disciplinare (delle discipline) sia necessaria al fine di definire un percorso didattico orientato allo sviluppo delle competenze. Ma il fine deve essere quello del sapere muoversi tra le discipline: su questo è importante il contributo odierno

Nel primo pomeriggio sono state presentate le comunicazioni rinviate dalla mattina e relative a:

9) curriculum di italiano (prof. A. Colombo GISCEL e prof. A.R. Guerriero, Giscel Nazionale); 10) curriculum di filosofia (prof. F. Paris); 11) Discipline del Mondo Antico (prof. F. Polacco, PRISMA).

Sintesi dei lavori di gruppo seguiti alle comunicazioni

Gruppo 1, "omogeneità e disomogeneità terminologiche" (coordinatore prof.ssa Giovanna Zunica, APS): emergono termini nuovi, che affiancano altri ormai consueti. Entrambi risultano piuttosto confusi, o comunque l'uso di essi risulta assai disomogeneo. E' opportuna una restrizione nel numero e una definizione rigorosa di

essi, in modo da poterli assumere come territorio comune e omogeneo su tutto il territorio nazionale.

Gruppo 2, "convergenze e divergenze sull'oggetto e sulla forma delle norme sui curricoli" (coordinatore prof. Adriano Colombo, APS): è emersa una posizione concorde sull'opportunità di definire i livelli, da quello base a quello superiore (tre o quattro al massimo). Il problema è legato sia agli accessi universitari, sia a quelli di indirizzo. Quale ricaduta potrebbe avere questo nel lavoro di *équipe*? Pare tramontare il lavoro disciplinare. Alcuni problemi terminologici paiono essere anche di sostanza.

Gruppo 3, "se le norme sui curricoli debbano riguardare solo i prodotti o anche i processi" (coordinatore prof. Francesco Piero Franchi, APS). Processo e prodotto non sono scindibili: l'uno definisce l'altro. Lasciando autonomia ampia nella scelta dell'oggetto, è necessaria una scelta forte nella preparazione scientifica dei docenti (formazione, reclutamento e assegnazione degli allievi ai livelli curricolari). La categoria docente deve assumere le competenze proprie di ogni categoria professionale di controllare e tutelare i ruoli interni.

Gruppo 4, "trasversalità" (coordinatore prof.ssa Cinzia Rinaldi, APS). L'elemento maggiormente posto in risalto è stata la capacità di osservazione: della realtà, dei fenomeni, dell'esperienza. Il rilievo all'esperienza sottolinea l'esigenza trasversale con una dimensione del sapere attenta a come si costruisce, vale a dire l'operatività. Dalla dimensione cognitiva si passa a quella della attiva: ascolto, costruzione, creazione. La polarità tra disciplinarietà e trasversalità si scioglie in ambito metodologico.

Un breve commento del prof. Fabio Olmi L'obiettivo di fondo della "Giornata nazionale di studio" è stata la presentazione e il confronto di proposte di curricoli disciplinari o di area a conclusione di oltre un anno di lavori che si sono svolti all'interno del Forum delle Associazioni disciplinari; a questi lavori ha partecipato anche la DD/SCI con l'assidua presenza (e puntuale informazione) di P. Fetto e i "virtuali" contatti del sottoscritto via E-mail. Il mandato conferitomi dal Direttivo della DD/SCI nella riunione allargata di Bologna del 24/4/99 era quello di presentare una nostra proposta curricolare, precisamente il segmento del biennio, futuro "terminale" dell'obbligo, sulla base della condivisione delle linee generali di sviluppo dei curricoli dell'autonomia emerse nelle riunioni del Forum (tipo di "confezione" del curriculum, trasversalità, competenze da far acquisire, nuclei concettuali essenziali, ecc.) e sondare la reale consistenza dei lavori con cui andavamo a confrontarci, la concretezza delle prospettive di sbocco al lavoro intrapreso, ecc.

Ebbene, i membri del gruppo DD/SCI hanno riportato l'impressione che il lavoro fatto dal Forum e da "Progetto per la scuo-

la" poggi su basi di serietà e possa costituire un terreno prezioso su cui sviluppare il lavoro della "rimessa a punto" dell'intero curriculum chimico preuniversitario. Penso che il ruolo delle due associazioni promotrici dell'iniziativa sia stato quello di avviare, al di fuori per ora del Ministero, ma in accordo con questo, un ampio lavoro preparatorio condiviso dalle Associazioni disciplinari su cui poi sviluppare i veri e propri curricoli della scuola dell'autonomia. Si è scelto forse di contattare le Associazioni disciplinari perché soggetti "neutri" politicamente, così da evitare la creazione di schieramenti di campo attraverso le associazioni nazionali degli insegnanti tipo CIDI, UCIM, ecc. che invece hanno caratterizzato la stagione "riformatrice" della Commissione Brocca. Il MPI ha seguito i lavori del Forum ed è intervenuto alla Giornata nazionale a due livelli, politico (Campione) e tecnico (Cosentino), non solo, ma al termine della mattinata, sono stati lanciati precisi messaggi, come già detto al punto precedente, rivolti a conferire uno sbocco istituzionale ai "lavori in corso".

E' stata constatata anche un'ampia unitarietà di vedute tra le Associazioni circa le modalità di stesura dei nuovi curricoli e, pur permanendo anche dopo i lavori di gruppo, l'esigenza di uniformare ancora il linguaggio relativo a certe "parole chiave", è emerso chiaramente l'esigenza di collaborare per affrontare e risolvere i problemi aperti. Durante la giornata è anche apparso chiaro che, per quanto attiene la nostra area disciplinare, sarà necessario lavorare in stretta collaborazione tra le diverse Associazioni disciplinari (AIF, DD/SCI, ANISN) ai diversi livelli scolari per affrontare i problemi della "scienza generale" a livello elementare e medio e quelli dello stretto coordinamento nello sviluppo parallelo dei curricoli quando le discipline si presenteranno nella loro veste autonoma.

Direi che la proposta di curriculum da noi presentata si è mostrata più che dignitosa rispetto alle proposte delle varie Associazioni. Emerge però altrettanto chiaro che il proseguimento del lavoro, impegnativo e articolato a più livelli, non può far capo a un gruppetto sparuto di persone senza una precisa delega di responsabilità: l'ulteriore lavoro dovrà essere portato avanti da Commissioni di lavoro nominate dal Direttivo e dovrà essere operante in tempi molto stretti, date le scadenze.

Per quanto riguarda la "nuova costola" dell'associazionismo dei chimici, l'AIC, mi parrebbe opportuno ricercarne la collaborazione per la stesura dei programmi.

Fabio Olmi, Pasquale Fetto

Nota della redazione

La redazione, ritenendo che possa essere utile e gradito ai lettori avere le relazioni degli interventi, si fa carico di inviarle ai richiedenti che ne facciano richiesta. Si prega di specificare nella richiesta quale relazione disciplinare si desidera. La sintesi della giornata viene ovviamente inviata a tutti.



“A proposito di mole”

Caro Direttore, il tuo recente editoriale “I cento anni della mole” (1) ha suscitato in me un notevole interesse, dovuto probabilmente al fatto che, per mia ignoranza, non pensavo che tale argomento avesse una storia così tormentata.

G. Gorin (2), da te citato, afferma che “studenti e professori continuano a segnalare difficoltà con l’unità di misura chiamata ‘mole’... , ma non hanno mai chiarito in cosa consista effettivamente questa difficoltà”. E si chiede: “La mole è veramente più difficile da comprendere di quanto non siano altre unità di base quali il secondo, il chilogrammo e l’ampere?”

Nella mia ormai stagionata esperienza di insegnante, non ho, invero, mai notato da parte dei miei studenti particolari difficoltà nell’apprendimento e nell’uso del concetto di mole.

Lo stesso Gorin, tuttavia, mette opportunamente in evidenza che la mole differisce per un aspetto dalle altre unità di misura; dice infatti: “Le quantità familiari indicate come volume e massa misurano una data quantità (“amount”) di materia in termini di unità che possono essere direttamente viste e percepite metro cubo e chilogrammo. La sensazione consente una comprensione qualitativa di ciò che si sta misurando, misura che può essere poi ottenuta in modo più preciso con l’aiuto di appropriati strumenti”.

“Nel caso della mole questa situazione viene a mancare, perché l’unità misura il *numero relativo* (corsivo nell’originale) di atomi, o di particelle derivate da atomi, in rapporto con quelli presenti in uno standard; oggetti, questi, che non possono essere contattati sperimentalmente.” Da qui il carattere più astratto della mole rispetto alle altre usuali grandezze.

Come risulta dal profilo storico riportato nel tuo editoriale, l’introduzione del concetto di mole è dovuta a Ostwald (1899) (3) con la definizione chiara e inequivocabile che si trova ancora oggi in tutti i testi di chimica generale:

“Il peso molecolare di una sostanza, espresso in grammi, d’ora in poi si chiamerà Mole.”

A questo punto mi sembra che la definizione non abbia bisogno di altri ritocchi o perfezionamenti.

Fai notare che si usa abbastanza spesso la “strana” locuzione. ‘numero di moli’. Questo è vero, ma si usa però indifferentemente anche ‘moli’ tout court. Riporto, fra gli innumerevoli esempi possibili, un tipico

esercizio di stechiometria (4):

“ La densità dell’ac. perclorico acquoso al 70,5% è 1.67 g/mL.

a) Quanti grammi di soluzione si trovano in 1,00 L?

b) Quanti grammi di HClO₄ si trovano in 1,00 L?

c) Quante moli di HClO₄ si trovano in 1,00 L? Come si vede, moli e grammi vengono trattati alla stessa stregua; ambedue le grandezze esprimono una quantità di sostanza. Quindi “mole”, a mio parere, va bene a tutti gli effetti.

Se si ha chiaro il concetto di peso molecolare (che non va espresso in g, se non si vuole confonderlo con grammo-mole) l’espressione mole non risulta più ambigua di grammo, libbra, centimetro o pollice.

E’ vero che se si dice 10 g si indica senza ambiguità una quantità ben definita di un qualsiasi materiale; con 10 mole non si indica una quantità definita se non si specifica di quale sostanza si tratta e perde ogni significato se la sostanza in questione non ha un ‘peso molecolare’ definito.

In un esempio molto efficace illustrato dalla Kolb (5) si confronta la mole con altre grandezze di uso comune : paio (2 pezzi), dozzina (12 pezzi) ecc. La mole è un termine collettivo dello stesso tipo e si riferisce a 6.02·10²³ “pezzi”. Una dozzina di uova o una dozzina di limoni hanno pesi diversi. Una mole, cioè 6.02·10²³ atomi di carbonio, o molecole di acqua o molecole di ossigeno pesano rispettivamente 12, 18 e 32 g.

Come conclude la Kolb, la mole è la ‘dozzina’ del chimico.

Questo concetto, per così dire ‘alla buona’, non contrasta affatto con la definizione adottata dal Sistema Internazionale di Unità di Misura (SI): “Mole: quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0.012 Kg di carbonio 12”.

A questo punto le mie conclusioni divergono dalle tue, caro Direttore. Io non vedo buone ragioni per trovare un nuovo nome per la ‘grandezza che si misura in moli’.

E’ ovvio che si tratta di una quantità di sostanza come è ovvio che ‘litro’ si riferisce a ‘quantità di volume’, ma è difficile sostenere che introducendo nuovi ‘nomi’ si possa dare un significato più preciso, o didatticamente più facile, a ‘mole’; per lo meno non più di quanto possano fare i nomi finora proposti in alternativa. Del resto questi ultimi, quali ‘quantità di sostanza’ o ‘quantità chimica’ pur proposti da oltre 25 anni, il primo, più di recente il secondo, non hanno trovato praticamente accoglienza presso la comunità chimica.

Referenze

1. Mirone, P. *CnS*, **21** (1999) 1
2. Gorin, G. *J.Chem.Ed.*, **71**(1994)114.
3. Ostwald, W. *Grundriss der allgemeinen Chemie*, Leipzig, 1894.
4. Harris, D.C. *Chimica Analitica Quantitativa*, pg. 1, Zanichelli
5. Kolb, D., *J.Chem.Ed.*, **55**(1978)728)

Pietro Lanza

La lettera del professor Lanza mette in questione due punti del mio editoriale sul centenario della mole, cioè la reale difficoltà del concetto di mole per molti studenti e l’opportunità di trovare per la grandezza che si misura in moli un nuovo nome, che sia atto a sostituire il poco pratico *quantità di sostanza* e lo scorretto *numero di moli*.

Per quanto riguarda il primo punto non metto in dubbio l’affermazione del professor Lanza, che dice di “non aver mai notato da parte dei [suoi] studenti particolari difficoltà nell’apprendimento e nell’uso del concetto di mole”. Ma si trattava, penso, di studenti universitari. I problemi riguardano invece l’insegnamento del concetto di mole al livello secondario, come testimonia il gran numero di ricerche fatte su questo tema fra gli anni ‘60 e gli ‘80. Per citarne una sola, nel 1982 Rinaldo Cervellati e altri quattro ricercatori, al termine di uno studio sulla comprensione del concetto di mole da parte di quasi 800 studenti di due Istituti Tecnici Industriali e due Licei di Bologna: (*J. Chem. Educ.*, **59** (1982), 852) concludevano che “il concetto di mole non è padroneggiato dalla maggior parte degli allievi”.

Il secondo punto tocca una materia assai più opinabile, come è tutto ciò che riguarda i nomi delle cose. Sono pienamente d’accordo che “introducendo nuovi nomi [non] si possa dare un significato più preciso, o didatticamente più facile, a *mole*”. Ma la questione è essenzialmente pratica: visto che il termine *quantità di sostanza* (o *quantità di materia*, come vorrebbe una traduzione forse più fedele all’originale *quantité de matière* usato dalla XIV Conférence International de Poids et Mesures) non è riuscito ad affermarsi e che quasi tutti i chimici continuano a usare l’espressione “grammaticalmente scorretta”: (M.L. McGlashan, *Ann. Rev. Phys. Chem.*, **24** (1973), 51) *numero di moli*, perché non adottare un termine di uso sicuramente più pratico come *quantità chimica* ?

Lanza fa notare che in certi esercizi stechiometrici si può evitare di nominare il *numero di moli* semplicemente usando l’espressione “Quante moli di...”. Ma esistono casi in cui questo accorgimento non serve: per esempio, in un problema dato alle Olimpiadi della Chimica del 1993 e riguardante la combustione del metano, si chiedeva di trovare la relazione fra i numeri di moli di O₂ e di CO dopo la combustione nel caso in cui metano e ossigeno fossero introdotti nel bruciatore in un determinato rapporto volumetrico.

Infine, mettendo da parte altre considerazioni, non si vede la ragione per cui una delle grandezze di base, cioè dimensionalmente indipendenti, del Sistema Internazionale non debba avere un nome praticamente utilizzabile nel linguaggio quotidiano dei chimici come tutte le altre grandezze fondamentali. Proviamo a immaginare le acrobazie verbali a cui saremmo costretti se non avessimo un nome per indicare

rispettivamente le grandezze che si misurano in metri, chilogrammi, secondi, ampere, kelvin ecc.

Paolo Mirone

Energia di risonanza: quale definizione?

Caro Direttore,

vorrei sottoporre a Lei ed ai lettori di CnS alcune questioni di natura didattica che sono sorte verso la fine dell'anno scolastico '97-'98, quando abbiamo somministrato agli allievi di una classe terza della Sezione Operatori Chimico-Biologici dell'IPSIA "G. Ceconi" di una prova di verifica formativa semistrutturata di chimica organica in cui, fra gli altri quesiti a scelta multipla a quattro alternative, di cui una sola esatta, erano poste alcune domande aperte riguardanti la stabilità del benzene e le reazioni organiche ed il loro meccanismo in chimica organica.

L'analisi delle risposte a tali domande aperte, oltre ad indicare i "punti deboli" sui quali focalizzare l'attività di recupero, ha portato anche ad approfondire ed a sviluppare in modo impreveduto alcuni concetti e ne sono derivate considerazioni che ritengo di qualche utilità, a livello didattico, per l'insegnamento della chimica organica nella SMS ad indirizzo chimico.

In particolare abbiamo rilevato che nei testi di chimica organica per la SMS ad indirizzo chimico non viene fatta distinzione fra energia di risonanza empirica ed energia di risonanza di delocalizzazione.

Viceversa tale distinzione si è quasi imposta da sola, in seguito alle risposte degli allievi, nella fase di recupero e commento della prova.

La domanda aperta era:

"Definire la stabilità aromatica e l'energia di risonanza del benzene"

Alcuni allievi avevano risposto:

"Considerando il benzene con il modello di Kekulé, la sua stabilità aromatica deriva dalla risonanza. E si dice energia di risonanza la differenza tra l'energia sperimentale della molecola vera del benzene (ibrido di risonanza) e l'energia prevista per il benzene, se avesse la struttura del 1,3,5-cicloesatriene, cioè un esagono distorto con tre doppi legami più corti, alternati a tre legami semplici più lunghi"

La maggioranza degli allievi definì invece l'energia di risonanza come riportato nel loro testo e nei testi a livello di scuola secondaria: "L'energia di risonanza del benzene è data dalla differenza tra l'energia sperimentale

per la molecola reale (l'ibrido di risonanza) e l'energia calcolata per la molecola ipotetica rappresentata dalle formule limite di Kekulé ed è circa 150 kJ/mol".

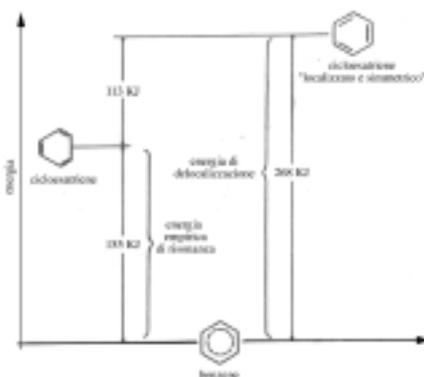
Ora entrambe le risposte non sono accettabili in quanto la prima si riferisce ad una parte soltanto dell'energia di risonanza e la seconda perchè assegna all'energia di risonanza 150 kJ/mol invece di ~270 kJ/mol. Per chiarire la differenza fra le due energie di risonanza, a mio avviso, sarebbe conveniente anche a livello di scuola secondaria distinguere, come riportato in alcuni testi universitari, tra **energia di risonanza empirica ed energia di risonanza o energia di delocalizzazione**.

La distinzione riesce abbastanza facilmente comprensibile anche per allievi di 16-17 anni, immaginando di ottenere l'ibrido di risonanza (cioè il benzene) attraverso due stadi e visualizzandoli come indicato nella figura allegata:

1° stadio: partire da una formula di struttura cicloesatrienica immaginaria (A), contenente legami singoli e doppi alternati (ognuno con la lunghezza che avrebbe in assenza di delocalizzazione degli elettroni π), e quindi deformare tale struttura in modo da rendere tutti i legami localizzati di uguale lunghezza; si ottiene in questo modo una formula di struttura di Kekulé (B) con geometria adatta alla successiva delocalizzazione degli elettroni π .

La quantità di energia richiesta (ΔE_1) per tale variazione delle lunghezze dei legami è stata calcolata ~113 kJ/mol (A.L. Ternay, *Chimica organica contemporanea*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 1982)

2° stadio: permettere la delocalizzazione degli elettroni π sull'anello in modo che i legami diventino **tutti** uguali. In questo stadio si ha sviluppo di energia e tale quantità di energia ($-\Delta E_2$) viene detta **energia di risonanza (o di delocalizzazione)** e, essendo maggiore di quella richiesta per la deformazione dello scheletro sigma, porta alla stabilizzazione dell'ibrido



di risonanza (C) (benzene). **L'energia di risonanza** può quindi definirsi come la differenza tra l'energia sperimentale del benzene (C) e l'energia calcolata per la struttura del cicloesatriene "localizzato e simmetrico" cioè di una struttura limite di Kekulé.

Nella speranza di avere indotto una utile riflessione nei colleghi e di ricevere anche qualche suggerimento, porgiamo i più cordiali saluti.

Roberto Soldà
Bartolomeo Di Lorenzo

Bisogna veramente rallegrarsi del fatto che esistano scuole (in particolare Istituti Professionali) i cui insegnanti si pongano, e pongano ai loro studenti, problemi che vanno al di là della routine dei programmi scolastici, come questo che riguarda i criteri per la più corretta determinazione dell'energia di risonanza di una molecola. Tuttavia si deve tener presente che tale energia (meglio descritta come energia di delocalizzazione), essendo definita come la differenza fra l'energia di una molecola reale (il benzene nel caso qui considerato) e quella di una ipotetica - cioè non esistente - molecola di riferimento (il cicloesatriene), ha un carattere convenzionale, in quanto la scelta delle caratteristiche della molecola di riferimento è soggetta a criteri almeno in parte arbitrari. Nel caso in questione l'arbitrarietà deriva dai due diversi punti di vista che si possono assumere circa le lunghezze di legame - e quindi la geometria - del cicloesatriene: il primo, che è quello degli autori della lettera, le tratta come variabili indipendenti ("una formula di Kekulé con geometria adatta alla successiva delocalizzazione"); il secondo assume invece, in accordo con l'esperienza, che la lunghezza del legame fra due determinati atomi è una funzione del corrispondente ordine di legame, e quindi il cambiamento della geometria molecolare non può essere considerato indipendentemente e separatamente dalla variazione degli ordini di legame, cioè dalla delocalizzazione degli elettroni p, che ne è la causa. In altri termini, è la geometria che si adegua alla delocalizzazione, e non viceversa. Secondo quest'ultimo punto di vista, al quale vanno le mie preferenze anche per la sua maggiore semplicità sia concettuale che didattica, non c'è motivo per cambiare la definizione tradizionale dell'energia di delocalizzazione (o di risonanza che dir si voglia) e il corrispondente valore di circa 150 kJ/mol ottenuto sperimentalmente come differenza fra le entalpie di idrogenazione di una mole di benzene e di tre moli di cicloesene. Mi auguro che anche altri lettori di CnS vogliano dire la loro su questo argomento.

Paolo Mirone



Dipartimento di Chimica
Università di Bari



Divisione di Didattica
Società Chimica Italiana

**XI CONGRESSO
DELLA DIVISIONE DI DIDATTICA
DELLA S.C.I.**
“La chimica nella prospettiva del nuovo secolo”
Bari 12 - 16 dicembre 1999

QUOTE ISCRIZIONE

Soci S.C.I.

Docenti Universitari £ 200.000
Docenti Scuola Sup. £ 100.000

Non Soci S.C.I.

Docenti Universitari £ 250.000*
Docenti Scuola Sup. £ 150.000*

* Nel caso ci si iscriva alla S.C.I. per l'anno 2000 la quota viene ridotta ed equiparata a quella dei soci.

Cena Sociale £ 50.000

Le quote di iscrizione devono pervenire non oltre il 30 ottobre

RIASSUNTI DELLE RELAZIONI

specifiche:
lunghezza massima di 2 cartelle formato A4, corpo 12, interlinea singola, margini 2 cm.

RIASSUNTI DEI POSTERS

specifiche:
lunghezza massima di 1 cartella formato A4, corpo 12, interlinea singola, margini 2 cm.

I riassunti devono pervenire NON OLTRE il 30 ottobre al Comitato organizzatore.

Prof. S. Doronzo

Dipartimento di Chimica
Via Orabona, 4 - 70126 Bari
Tel. 080.5442100 Fax 080.5442129
E-mail doronzo@chimica.uniba.it

Prof. F. Cappelluti

Dipartimento di Chimica
Via Orabona, 4 - 70126 Bari
Tel. 080.5442107 Fax 080.5442129
E-mail f.cappelluti@chimica.uniba.it

Tutte le informazioni riguardanti le modalità di pagamento, le dimensioni dei posters, la disponibilità alberghiera potranno essere richieste al comitato organizzatore o ricavabili da sito web del congresso.

<http://www.chim.uniba.it/congressi/edichem99>

Scheda di pre-iscrizione da inviare a:

Prof. **SALVATORE DORONZO** Dipartimento di Chimica, Via Orabona, 470126 BARI

Io sottoscritto/a _____

Indirizzo: Città..... cap..... Via..... n.....

Indirizzo: scuola/o altra istituzione

Città..... cap..... Via..... n.....

Socio S.C.I. SI NO

comunicazione orale comunicazione poster

Data

Firma