

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

CNS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



**GIOCHI E OLIMPIADI
2001**

**ED ECCO CHE RISPUNTA...
PIAGET**

**ESPERIMENTI
NEI LIBRI DI TESTO
DI CHIMICA**

**IL LABORATORIO DI
DIDATTICA...E LA DIDATTICA
DEL LABORATORIO**



Società Chimica Italiana

Anno XXIII
Settembre - Ottobre 2001

Direttore responsabile

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

Redattore

Pasquale Fetto
Dipartimento di Chimica "G.Ciamician"
Via Selmi, 2 - 40126 Bologna
Tel. 0512099521 - fax 0512099456
E-Mail: 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 Imerio, 18 - 40126 Bologna
Tel. 051245290 - fax 051249749

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

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

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

Ufficio Abbonamenti

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

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

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

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

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Stampa

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

SOMMARIO

EDITORIALE

Anno nuovo... **109**
di *Paolo Edgardo Todesco*

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Riflessioni su isomeria, simmetria e chimica quantistica.
Il casi del dicloroetilene **111**
di *Ivan Baraldi*

ESPERIENZE E RICERCHE

Che tipo di esperimenti ci sono nei libri di testo di Chimica? **121**
di *Manuela Crescenzi, Manuela Mancini, Eugenio Torracca*

Il laboratorio di didattica...e la didattica del laboratorio
L'esperienza dell'indirizzo di Scienze Naturali della sede di Firenze
della SSIS Toscana **128**
di *Fabio Olmi, Sandra Gavazzi*

GIOCHI DELLA CHIMICA

Giochi e Olimpiadi della Chimica 2001 **135**
di *Mario Anastasia*

RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA **142**
Ed ecco che rispunta ... Piaget

RECENSIONI **138**

CHIMICA E POESIE **134**

NOTIZIE **120-141**



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

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

Sito Internet della Divisione <http://www.ciam.unibo.it/didichim>

Anno nuovo...

Dopo la pausa estiva sono ricominciate le scuole di ogni ordine e grado, prima la scuola e da pochi giorni anche l'università e veramente di cose nuove ce ne sono molte e purtroppo anche di cose vecchie e alcune fra queste non avremmo proprio voluto vederle più, come i venti di follia che parlano della prima guerra mondiale del millennio e chi ha visto da vicino la seconda guerra mondiale non riesce neanche adesso a capire come mai tanta gente sia così ansiosa di prendere parte alla terza...

E nella scuola alcune novità si sono fermate, come la riforma della secondaria, abbiamo dei governanti apparentemente prudenti che prima di fare una cosa nuova ci pensano due volte ed magari fermano tutto, con la tacita approvazione di quelli che non hanno mai avuto nessuna voglia di fare cose nuove. In altri casi invece non sembrano altrettanto prudenti i nostri governanti. Sta partendo invece la riforma universitaria in linea con la dichiarazione di Bologna dei ministri europei. In questo caso i nuovi governanti hanno detto che andavano avanti le cose perchè erano già troppo avanti per fermarle.

Per quello che mi riguarda ho alcune perplessità sia nel campo della scuola superiore che in campo universitario. Nella Scuola superiore ho alcune esperienze personali di partecipazione alla Scuola di specializzazione per la formazione degli insegnanti della Secondaria (SSIS), che mi hanno convinto che non esiste nessuna scuola che sia in grado di produrre i docenti della classe 60 (Scienze naturali, fisiche chimiche e quant'altro...) Questi super esperti tuttologi sono a mio parere di impossibile produzione e occorre che diciamo chiaramente ai politici che fare classi troppo "interdisciplinari" è utile dal punto di vista della sistemazione burocratica dei professori fluttuanti ma è del tutto stupida da un punto di vista di un insegnamento efficiente e competente. Ne ho avuto la riprova nel corso degli esami sulla disciplina "Didattica della Chimica con laboratorio". La maggior parte dei frequentanti erano laureati in scienze naturali o scienze biologiche che avevano sostenuto uno o più esami di chimica nel loro curriculum universitario e quindi non erano tenuti ad

esami integrativi di tipo disciplinare, ma che nella pratica non avevano alcun tipo di sensibilità ai problemi che la didattica della chimica prevede.

Ricordo un esame in particolare. Il candidato aveva un notevole entusiasmo verso l'insegnamento e sulla necessità di dare agli allievi una formazione di tipo globale, agganciata ai problemi reali. Dopo di che, svolgendo la sua "lezione" sulla alimentazione raccontava un paio di favolette che si trovano usualmente nei libri per la scuola superiore e dichiarava che a questo punto era essenziale introdurre la chimica e le sue formule per agganciare il tutto al "quotidiano". E come esempio passava a "disegnare" il ciclo di Krebs sulla lavagna. Dato il suo notevole entusiasmo per l'insegnamento, dote primaria per un docente, non sono riuscito a bocciarlo, rendendomi così conto che nè il corso da me tenuto sulla Didattica della Chimica nè i relativi esami avevano migliorato la situazione. Probabilmente analoghe difficoltà la avranno i laureati in chimica, usciti brillantemente dall'esame di Didattica della Chimica ma che dovranno poi andare anche ad insegnare quanti piedi hanno i millepiedi, non avendo alcun tipo di sensibilità verso i problemi biologici.

Nel campo universitario stiamo partendo in tutta Italia con lo schema 3+2, per uniformarsi allo schema anglosassone coi due titoli di bachelor e di master, strettamente in serie. Nella Chimica il primo livello dovrebbe essere un livello di cultura chimica generale per fornire i laureati che andranno a fare un mestiere non chimico ma che richieda una buona cultura chimica. Invece noi abbiamo avuto per legge l'imposizione di fare del primo livello una laurea professionalizzante che non può certo sostituire gli attuali periti chimici che fanno cinque anni di Istituto a dieci ore al giorno su argomenti specifici di chimica. Introdurre una finta professionalizzazione comporta la compressione dei tempi dedicati alla cultura di base, Sono state così ridotte al minimo le matematiche e le fisiche mentre tutti i corsi di chimica più o meno con gli stessi nomi che prima erano dettati in cinque anni sono adesso compressi nei tre

anni, con un carico di esami da reggere in su per ogni semestre, ritmo insostenibile da qualunque studente.

L'esperienza europea ci sta informando che la chimica di base (Core Chemistry) in un triennio non ci sta ed è significativo che su piano europeo oggi i più contrari alla soluzione 3+2 siano proprio gli inglesi che tendono a fare un 4+1 o un corso unico di cinque anni.

Lo schema 3+2 per funzionare richiede un profondo cambiamento dei metodi didattici e di verifica. Se ciò non sarà attuato avremo un triennio che verrà effettivamente svolto dalla maggior parte degli studenti in quattro o più anni e avremo fallito gli scopi della riforma.

Non c'è molto da stare allegri ma è indispensabile rimanere ottimisti e continuare a darsi da fare. Auguri a tutti...

Riflessioni su isomeria, simmetria e chimica quantistica. Il caso del dicloroetilene

IVAN BARALDI (*)

Riassunto

Nel presente lavoro è riportato uno studio teorico sull'isomerismo del dicloroetilene ($C_2H_2Cl_2$). Le teorie usate sono quelle della chimica quantistica non relativistica e quella facente capo al teorema di Pólya sull'enumerazione degli isomeri molecolari. Sono inoltre discussi alcuni aspetti che legano i gruppi puntuali a quelli di permutazioni.

Abstract

In the present work a theoretical study on the isomerism of dichloroethylene ($C_2H_2Cl_2$) is reported. The employed theories are those of non-relativistic quantum chemistry and that connecting Pólya's theorem with the enumeration of molecular isomers. Moreover, some aspects linking the point groups to the permutations groups are discussed.

1. Introduzione

Il presente saggio riguarda alcune riflessioni sull'uso della simmetria molecolare, della chimica quantistica e della matematica discreta in relazione ad un argomento classico della chimica, quello dell'isomeria che s'incontra nel mondo molecolare. Lo scritto si svilupperà facendo costante riferimento all'isomeria che presenta il dicloroetilene. In realtà, il nostro intento è un po' più ambizioso, e concerne l'utilizzo dei diversi linguaggi con cui si può affrontare un particolare argomento scientifico.

La lingua scientifica è un sistema di comunicazione tra gli addetti ai lavori (studiosi: ricercatori, scienziati) ed è formata, così come quella comune, da una parte orale ed una scritta. Essa evolve continuamente, e uno dei motori di questo cambiamento, ma non il solo, è lo sviluppo di nuove idee scientifiche. Come ogni lingua, anche quella scientifica ha una certa inerzia al mutamento delle idee, in altre parole la lingua si muove più lentamente rispetto allo sviluppo di concetti scientifici nuovi.

Ogni disciplina scientifica si è costruita una propria lingua che può essere in parte comprensibile all'uomo comune, se non completamente incomprensibile. Consideriamo brevemente la lingua chimica, o più in generale il

linguaggio chimico che si presenta all'inizio del terzo millennio. Si può osservare, che la lingua attuale del chimico conserva ancora fortemente l'impostazione e la terminologia che si è sviluppata dalle ipotesi strutturalistiche classiche. Tali ipotesi, che hanno avuto origine circa un secolo fa, tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo, si basano sul concetto di atomo e di molecola, in particolare l'ipotesi fondamentale della struttura molecolare, afferma che una molecola è una collezione di atomi tenuta assieme da una rete di legami. I termini fondamentali del linguaggio chimico classico costituiscono la nomenclatura chimica che, a sua volta, poggia sui simboli degli elementi chimici, sul significato di formula chimica (formula minima o grezza, formula molecolare) e di formula di struttura bidimensionale e tridimensionale. I simboli degli elementi chimici, assieme ad un insieme delle loro proprietà, sono riportati nella Tabella o Tavola Periodica di Mendeleev, uno dei risultati più importanti, se non quello principale in termini assoluti, ottenuto dai chimici.

(Possiamo ricordare, che per affrontare il problema della nomenclatura chimica e di altre questioni riguardanti la chimica, il mondo dei chimici si è dotato di una organizzazione internazionale, l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), cui ha demandato il compito di sviluppare metodi sistematici e condivisibili da tutti per quanto riguarda le regole per comporre i nomi dei composti chimici, l'uso dei simboli per le diverse grandezze, ecc. Ad es. l'acqua, la cui formula molecolare è H_2O , dovrebbe attualmente essere chiamata ossido di diidrogeno, ma continua ad essere preferito ancora il suo nome comune. In una fase successiva approfondiremo il discorso sulla formula molecolare e sulle formule di struttura.)

Se si legge un lavoro scientifico, o si ascolta una conferenza di Chimica Fisica, e quindi si passa ad ascoltare un'altra conferenza su un diverso settore della chimica, ad es. la Chimica Inorganica, ci si accorge facilmente che esistono significative differenze di linguaggio. Si può notare che il linguaggio della Chimica Fisica fa ampio uso dei termini che derivano dai modelli e dalle teorie fisiche, in particolare, rispetto agli altri settori della chimica, fa uso massiccio della matematica. Esistono perciò differenze di linguaggio, anche significative, entro una stessa disciplina scientifica.

(*) Dipartimento di Chimica Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia Via Campi 183, 41100 Modena
e-mail: baraldi.ivan@unimo.it

L'avvento della meccanica quantistica non relativistica (1925-1926) ha apportato radicali modifiche concettuali alle idee concernenti la struttura microscopica della materia, le quali, però, stentano ad essere presenti nel linguaggio chimico usuale dei nostri tempi. (Le modifiche di cui stiamo parlando, sono quelle collegate al fatto principale che la chimica classica, quella basata sulle ipotesi strutturalistiche classiche citate precedentemente, è in relazione con l'interpretazione deterministica della fisica classica, interpretazione abbandonata dalla meccanica quantistica, dove l'interpretazione statistica probabilistica ha il sopravvento.) E' prevedibile che un'ulteriore trasformazione di linguaggio l'apporterà la teoria quantistica concernente l'unificazione delle diverse forze (deboli, forti, elettromagnetiche, gravitazionali), la teoria più recente sviluppata dai fisici allo scopo di spiegare tutti i fenomeni naturali coinvolgenti la materia. Essa, comunque, non ha ancora raggiunto una forma pienamente soddisfacente, anche se ha fatto notevoli passi avanti. In questo contesto, il concetto di materia è inteso secondo l'interpretazione che ne danno i fisici, cioè l'insieme delle sostanze (corpi) materiali e dei campi (elettromagnetici e gravitazionali). Nei linguaggio dei chimici il termine materia è normalmente riferito alle sostanze materiali. E' interessante osservare come nella interpretazione di Feynman dell'elettrodinamica quantistica [1], il sistema elettrone in interazione con un protone (atomo d'idrogeno) può essere rappresentato secondo il diagramma spazio temporale di Figura 1. Un'ottica alquanto differente dalla "visione" che ne scaturisce secondo la meccanica quantistica non relativistica di Figura 2.

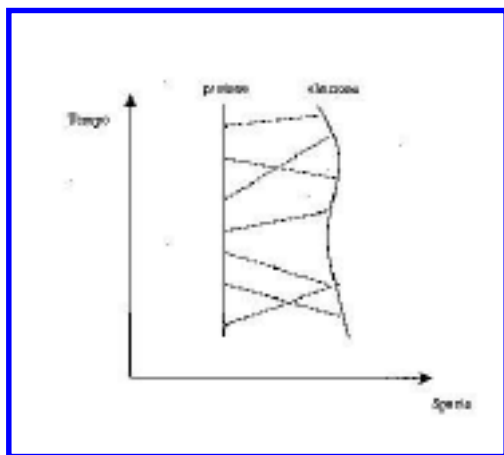


Figura 1. Diagramma di Feynman del protone + elettrone. Il protone trattiene vicino a sé l'elettrone attraverso lo scambio di fotoni (linee tratteggiate). Per semplicità, il protone è considerato fisso nello spazio



Figura 2. Rappresentazione dello stato fondamentale dell'atomo di idrogeno secondo la meccanica quantistica

Le "difficoltà che s'incontrano nell'adeguamento della lingua chimica" e l'articolazione della lingua stessa in ulteriori specializzazioni, si riflettono, a loro volta, non solo sull'insegnamento della chimica un po' a tutti i livelli, ma anche a livello della comunicazione scientifica.

(Si pensi, ad esempio, che i "revisori dei conti" dei lavori scientifici prodotti dall'attività di ricerca dei chimici, sono persone normalmente in grado di affrontare solo una porzione del linguaggio chimico, un settore molto specialistico, non esiste un "revisore dei conti" universale in Chimica. Non esiste neanche un revisore universale del settore della Chimica Fisica.) La connessione dei diversi linguaggi scientifici, implicando scambio delle idee dei molteplici settori della scienza, può essere fonte di interessanti sviluppi educativi e scientifici. Ad essere un po' più concreti, passiamo a definire meglio e in modo più dettagliato lo scopo del presente saggio.

Come è già stato anticipato, nel presente scritto desideriamo affrontare un argomento classico della chimica molecolare, quello sull'isomeria, combinando alcuni dei "diversi linguaggi" della chimica moderna. In particolare vogliamo studiare dal punto di vista teorico, ed in modo abbastanza esauriente, l'isomerismo geometrico e di sostituzione di una molecola interessante per questa discussione e relativamente semplice, il dicloroetilene, la cui formula molecolare è $C_2H_2Cl_2$. L'argomento, come vedremo successivamente, presenta diverse questioni degne di attenzione alcune delle quali richiedono approfondimento. Si veda, ad esempio, l'individuazione della stabilità relativa dei tre isomeri in cui si presenta tale sostanza. Per una classificazione degli isomeri molecolari si rinvia al libro di R.J. Gillespie e J. Hargittai, rif. [2].

Per quanto concerne i linguaggi usati nel presente saggio, si va da quelli classici di tipo strutturalistico a quelli quantistici non relativistici, fino ad arrivare al linguaggio puramente matematico, mentre i modelli e le teorie della chimica quantistica non relativistica e della matematica discreta saranno applicati all'isomerismo del dicloroetilene. In modo un po' più dettagliato, si inizierà a parlare della formula molecolare per passare, dopo aver dato la definizione classica di isomeria, ai gruppi di simmetria puntuali e a quelli di permutazione della formula molecolare, all'equazione di Schroedinger indipendente dal tempo (chimica quantistica non relativistica) ed alla teoria di Pólya dell'enumerazione degli isomeri. In tal modo, pensiamo di far vedere come l'approccio "multilinguistico", che si potrebbe chiamare anche "multidisciplinare", sia non solo interessante ed utile dal punto di vista pedagogico, ma sia anche in grado di approfondire significativamente l'argomento trattato. In questo scritto non sarà affrontato il caso dell'isomeria ottica.

2. Formula molecolare, Hamiltoniano molecolare, isomeria e gruppi

Si consideri la formula molecolare, $A_a B_b \dots Z_z$, essa esprime la composizione chimica di un composto molecolare. (Alcuni esempi di formula molecolare li abbiamo già incontrati, altri sono: HCl (il cui nome comune è *acido cloridrico* mentre quello sistematico è *cloruro di idrogeno*, una molecola biatomica polare, vale a dire dotata di un momento di dipolo elettrico permanente d , un vettore polare, fisso alla molecola), NH_3 (*ammoniaca* o *azoturo di triidrogeno*, una molecola tetra atomica polare), C_6H_6

(benzene, una molecola apolare formata da sei atomi di carbonio e sei di idrogeno), ecc.) Contemporaneamente, la formula molecolare definisce *l'operatore di Hamilton elettrostatico della molecola isolata*,

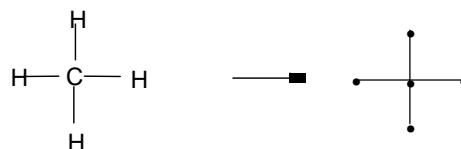
$$\hat{H}_M = \hat{T}_n + \hat{T}_e + \hat{V} = \hat{T}_n + \hat{H}_e \quad (1)$$

La formula molecolare indicando gli elementi chimici presenti nel composto, il numero relativo di atomi d'ogni elemento presente nella molecola (coefficienti stechiometrici) e la carica molecolare complessiva, determina il numero ed il tipo di nuclei ed il numero totale di elettroni della molecola. (Abbiamo trascurato una proprietà quantistica delle particelle, lo spin, in altre parole il momento angolare intrinseco.) Le proprietà classiche di queste particelle, massa e carica, e le interazioni derivanti da queste proprietà sono note dalla fisica. Da queste informazioni e dai principi della fisica classica, si ricava la funzione di Hamilton della molecola, H_M , che dà l'energia del sistema in funzione delle coordinate $\{\mathbf{r}\}$ e dei momenti coniugati $\{\mathbf{p}\}$ di tutte le particelle del sistema. Successivamente, dai postulati della meccanica quantistica, si costruisce l'operatore di Hamilton corrispondente, \hat{H}_M . Nell'equazione (1) \hat{T}_n esprime l'operatore dell'energia cinetica dei nuclei, \hat{T}_e quello degli elettroni e $\hat{V} = \hat{V}_{nn} + \hat{V}_{ne} + \hat{V}_{ee}$ è il potenziale elettrostatico molecolare che si ottiene dalla somma di un termine d'interazione coulombiana nucleo-nucleo, \hat{V}_{nn} , uno nucleo-elettrone, \hat{V}_{ne} , ed uno elettrone-elettrone, \hat{V}_{ee} ¹. La somma di \hat{T}_e e \hat{V} definisce l'**Hamiltoniano elettronico della molecola**, \hat{H}_e . Si può notare che nell'equazione (1) non è stata inserita l'interazione gravitazionale (V_g) tra le particelle (nuclei ed elettroni), poiché il valore medio di questa energia, $\langle \hat{V}_g \rangle$, è circa 10^{40} volte minore di quella derivante dalle interazioni elettrostatiche, $\langle \hat{V} \rangle$. Un altro aspetto interessante della formula molecolare è che essa ci fornisce l'esempio più semplice di modello di struttura molecolare, un modello mono dimensionale (1D), che, a ragion veduta, può essere considerato il capostipite della gerarchia delle strutture chimiche.

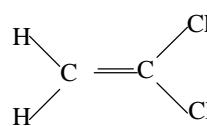
La formula molecolare, sebbene dia importanti informazioni sulla molecola, di per se non è in grado di definire tutte le proprietà molecolari e le caratteristiche chimiche, in altre parole non è sempre in grado di identificare un composto puro. Infatti, succede abbastanza frequentemente che ad una stessa formula molecolare corrispondono più composti aventi forme e proprietà chimiche e fisiche diverse. In chimica, a questi diversi composti si impone il nome di isomeri. Per discriminare gli isomeri, bisogna avanzare nell'ordine gerarchico delle strutture chimiche e passare a modelli bidimensionali (2D) e/o tridimensionali (3D). Per alcuni tipi di isomeria è sufficiente la formula di struttura nel piano, per altri, invece, sono necessarie quelle nello spazio reale euclideo. (Si può notare che una formula di struttura bidimensionale non è altro che un grafo, cioè una figura geometrica formata da punti (detti vertici) e da segmenti che uniscono alcuni vertici. Gli atomi della formula di struttura corrispondono ai vertici, ed i legami chimici ai segmenti.) Un esempio di struttura molecolare bidimensionale e del corrispondente grafo è riportato nel

¹All'operatore (1) si possono aggiungere altri termini, quale l'interazione spin-orbita, ecc. Questo porta alla formulazione di un Hamiltoniano fenomenologico.

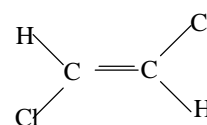
seguinte schema per il caso del metano:



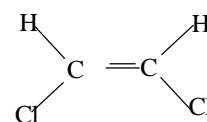
E' evidente, da quanto detto in precedenza, che gli isomeri hanno "a priori" tutti lo stesso \hat{H}_M . E qui, si intravede un primo problema che si può enunciare nel seguente modo: se l'Hamiltoniano è definito completamente dalla formula molecolare e questa non è in grado di differenziare gli isomeri, cioè non è in grado di dare informazioni complete sulla molecola, questo Hamiltoniano molecolare è poi in grado di individuarli? Come semplice esempio di isomeria, consideriamo il dicloroetilene. Esistono tre isomeri tutti planari; in uno due atomi di cloro sono legati allo stesso atomo di carbonio, l'1,1-dicloroetilene con struttura



il cui gruppo puntuale è C_{2v} , negli altri due un atomo di Cl è legato ad ogni atomo di C. Si ha il trans 1,2-dicloroetilene,



con simmetria C_{2h} , ed il cis 1,2-dicloroetilene,



con simmetria C_{2v} . Secondo l'usuale classificazione degli isomeri [2], il cis ed il trans 1,2-dicloroetilene sono *isomeri geometrici*, mentre l'1,1-dicloroetilene è un *isomero di sostituzione*.

Come esempio di proprietà fisica che li differenzia, possiamo considerare il loro momento di dipolo elettrico permanente \mathbf{d} , che dal punto di vista quantomeccanico è definito nel seguente modo

$$\mathbf{d} = \langle \Psi | \hat{\mathbf{d}} | \Psi \rangle = \mathbf{i} \langle \Psi | \hat{d}_x | \Psi \rangle + \mathbf{j} \langle \Psi | \hat{d}_y | \Psi \rangle + \mathbf{k} \langle \Psi | \hat{d}_z | \Psi \rangle \quad (2)$$

dove Ψ è la funzione d'onda normalizzata che descrive lo stato fondamentale della molecola e

$$\hat{\mathbf{d}} = \sum_i q_i \mathbf{r}_i$$

è l'operatore del momento di dipolo elettrico della molecola. Nell'1,1-dicloroetilene $|\mathbf{d}|=1.34 \text{ D}$ [3] e, a causa della simmetria, il vettore è diretto lungo l'asse di simmetria C_2 , il quale, a sua volta, coincide con il doppio legame CC. Nel trans 1,2-dicloroetilene, la presenza di un centro di inversione impone che \mathbf{d} sia zero, $|\mathbf{d}|=0$, mentre nel cis 1,2-dicloroetilene $|\mathbf{d}|=1.90 \text{ D}$ [3] ed il vettore è diretto lungo l'asse binario che giace nel piano molecolare ed è perpen-

dicolare al doppio legame CC.

Altre importanti proprietà, sempre collegate alla simmetria spaziale degli isomeri, sono le regole di selezione della spettroscopia molecolare. Queste, come è noto dall'applicazione della teoria delle rappresentazioni dei gruppi alla meccanica quantistica, dipendono dal gruppo puntuale molecolare. Dalle tabelle dei caratteri dei gruppi C_{2v} e C_{2h} , si desume che le regole di selezione per gli elementi di matrice del momento di transizione sono diverse, anche se i due gruppi, essendo isomorfi, hanno proprietà algebriche uguali. Ad esempio, nella Tabella 1 abbiamo raccolto le regole di selezione della spettroscopia vibrazionale dei dodici modi normali dei dicloroetileni. La regola della mutua esclusione vale per lo spettro dell'isomero trans.

Allo scopo di specificare la simmetria molecolare in modo più completo rispetto a quella espressa usando solo i gruppi puntuali, nel 1980 Pople² ha introdotto i "framework groups" [4]. Questi gruppi danno informazioni sul modo

simmetrico S_N , dove $N=a+b+\dots+z$ è il numero totale di atomi nella molecola. Nel caso del dicloroetilene si avrà

$$P_M(C_2H_2Cl_2) = S_2 \otimes S_2 \otimes S_2 \quad (4)$$

un gruppo di permutazioni abeliano d'ordine otto sottogruppo di S_6 . Riscrivendo la formula molecolare del dicloroetilene nel modo seguente

C C H H C l C l

e numerando gli atomi che formano questa molecola secondo lo schema

C C H H C l C l

1 2 3 4 5 6

si potranno indicare le otto permutazioni che formano $P_M(C_2H_2Cl_2)$ nel seguente modo,

$$P_1^+ = P_E = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \quad P_2^- = P_{12} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

$$P_3^- = P_{34} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 4 & 3 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

$$P_4^- = P_{56} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 4 & 3 & 6 & 5 \end{pmatrix}$$

$$P_5^+ = P_{12,34} = P_2 P_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 2 & 1 & 4 & 3 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

$$P_6^+ = P_{12,56} = P_2 P_4 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 6 & 5 \end{pmatrix}$$

$$P_7^+ = P_{34,56} = P_3 P_4 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 4 & 3 & 6 & 5 \end{pmatrix}$$

$$P_8^- = P_{12,34,56} = P_2 P_3 P_4 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 2 & 1 & 4 & 3 & 6 & 5 \end{pmatrix} \quad (5)$$

dove il + (-) all'apice indica permutazione pari (dispari). Gli elementi di P_M contengono cicli di lunghezza uno o due, mentre la formula molecolare è formata da tre P_M -orbite di lunghezza due. Ognuna delle permutazioni (5) può essere analizzata secondo la sua struttura ciclica. Se con $j^{e_j p}$ si indica un ciclo di lunghezza j che si trova e_j volte nella generica permutazione P ; allora la struttura a cicli di P_1 è 1^6 , quella di P_2, P_3 e P_4 è $1^4 2^1$, quella di P_5, P_6 e P_7 è $1^2 2^2$ e quella di P_8 è 2^3 .

In relazione alle proprietà molecolari, si possono ottenere alcune informazioni combinando assieme la formula molecolare ed il suo gruppo di permutazioni P_M . Queste informazioni sono le simmetrie delle possibili formule di struttura molecolari. Infatti, secondo il *teorema di Cayley*, le possibili disposizioni spaziali di queste strutture molecolari tridimensionali, devono generare definiti gruppi puntuali isomorfi ad un sottogruppo di P_M . La decomposizione di P_M nei suoi sottogruppi è quindi un passo fondamentale per l'individuazione delle possibili strutture molecolari. Si ha solo un numero limitato di arrangiamenti degli atomi della molecola nello spazio tridimensionale.

Tabella 1. Attività nello spettro vibrazionale dei dicloroetileni

1,1-dicloroetilene C_{2v}			cis 1,2-dicloroetilene C_{2v}			trans 1,2-dicloroetilene C_{2h}		
Specie	Numero di modi	Attività	Specie	Numero di modi	Attività	Specie	Numero di modi	Attività
A_1	5	Raman (polarizzate), IR	A_1	5	Raman (polarizzate), IR	A_g	5	Raman (polarizzate)
A_2	1	Raman (depolarizzata)	A_2	2	Raman (depolarizzate)	A_u	2	IR
B_1	4	Raman (depolarizzate), IR	B_1	4	Raman (depolarizzate), IR	B_g	1	Raman (depolarizzata)
B_2	2	Raman (depolarizzate), IR	B_2	1	Raman (depolarizzata), IR	B_u	4	IR

in cui gli atomi sono permutati dalle operazioni di simmetria, specificando gli atomi della formula molecolare che giacciono sugli elementi di simmetria della molecola. Essi sono anche molto utili per il calcolo delle orbite molecolari, cioè l'insieme degli atomi equivalenti della molecola. La notazione dei "framework groups" segue da quella di Schoenflies dei gruppi puntuali e, per i nostri tre isomeri, è: $C_{2v}[C_2(C_2), \sigma_v(C_2Cl_2H_2), \sigma_v'(C_2)]$ (1,1-dicloroetilene), $C_{2h}[\sigma_h(C_2Cl_2H_2)]$ (trans 1,2-dicloroetilene), $C_{2v}[\sigma_v(C_2Cl_2H_2)]$ (cis 1,2-dicloroetilene), dove, nel gruppo C_{2v} , σ_v indica il piano molecolare.

La formula molecolare ha una propria simmetria, che è quella che deriva dalla permutazione degli atomi identici che la compongono e che potremmo chiamare simmetria intrinseca. In generale, il gruppo delle permutazioni della formula molecolare, che indicheremo con P_M , sarà dato dal prodotto diretto

$$P_M = S_a \otimes S_b \otimes \dots \otimes S_z \quad (3)$$

dove S_n ($n = a, b, \dots, z$) indica il gruppo simmetrico relativo al generico elemento, l' α -esimo ($\alpha = A, B, \dots, Z$), presente nella formula molecolare. P_M è un sottogruppo del gruppo

²John A. Pople (1925 Burnham-on-Sea-), premio Nobel per la Chimica nel 1988.

nale euclideo, $E(3)$, che sono in relazione con i movimenti di questo spazio che lasciano invariata la forma molecolare (operazioni di simmetria), e che sono compatibili con le simmetrie permutazionali. E' evidente che non tutti i possibili arrangiamenti spaziali compatibili con i sottogruppi di P_M sono accettabili dal punto di vista chimico, è necessario a questo punto far intervenire le ipotesi che stanno alla base della strutturistica chimica. Queste ipotesi strutturalistiche permetteranno di selezionare tra le diverse configurazioni possibili quelle coerenti ad esse. Il ragionamento sviluppato precedentemente non si applica al sottogruppo banale P_1 , quello formato dalla sola permutazione identità, dove, in questo caso, ogni disposizione spaziale degli atomi è accettabile teoreticamente ma non necessariamente dal punto di vista chimico. Per un'ampia discussione dei gruppi di permutazioni applicati alla spettroscopia molecolare, si consiglia il rif. [5].

Consideriamo di nuovo il nostro esempio del dicloroetilene. Oltre ai sottogruppi banali P_1 e P_M , dal teorema di Lagrange deriva che quelli non banali possono essere gruppi d'ordine quattro o due. Dalla teoria dei gruppi astratti, si sa inoltre che ci sono cinque gruppi astratti d'ordine otto distinti, tre dei quali abeliani; due gruppi distinti d'ordine quattro, entrambi abeliani, uno dei quali è ciclico, ed un solo gruppo astratto d'ordine due ciclico. Tra i sette gruppi puntuali d'ordine otto (C_8 abeliano e ciclico, S_8 abeliano, C_{4h} abeliano, D_{2h} abeliano, D_4 non abeliano, C_{4v} non abeliano, D_{2d} non abeliano) quelli non abeliani sono esclusi a priori. Tra quelli abeliani è evidente che solo D_{2h} è isomorfo a $P_M(C_2H_2Cl_2)$, gli altri, avendo assi C_4 o C_8 non sono compatibili con la formula molecolare del dicloroetilene, essi avrebbero bisogno, come minimo, di quattro atomi equivalenti. Essendo P_M un gruppo abeliano, i diversi sottogruppi distinti d'ordine quattro presenti sono entrambi abeliani, come deve essere da quanto detto precedentemente sui gruppi d'ordine quattro e due. Nessuno di questi sottogruppi d'ordine quattro è ciclico. Alcuni sono formati da due permutazioni pari e due dispari ed uno solo da quattro permutazioni pari. Il primo insieme può essere ottenuto con sei distinte scelte di elementi appartenenti a P_M .

Di sottogruppi d'ordine due ce ne sono sette. Ora, se consideriamo le strutture degli isomeri del dicloroetilene, ed utilizziamo la numerazione atomica dello schema visto precedentemente, si nota che le operazioni di simmetria dei gruppi puntuali corrispondenti danno luogo a gruppi di permutazioni di due elementi. Tutti questi gruppi sono formati da una permutazione pari, la permutazione identità, ed una dispari o pari. E' inoltre possibile avere distribuzioni nel piano e nello spazio degli atomi che compongono la formula molecolare coerente con i sottogruppi di permutazioni, ma non coerente con le ipotesi strutturali. I sottogruppi di D_{2h} d'ordine quattro, che corrispondono ai gruppi di permutazioni dello stesso ordine sono: D_2 , C_{2h} , C_{2v} .

In conclusione, la disposizione spaziale degli atomi del dicloroetilene compatibile con il gruppo delle permutazioni $P_M(C_2H_2Cl_2)$ deve essere tale da formare i gruppi puntuali D_{2h} , D_2 , C_{2h} , C_{2v} . Se inoltre alla molecola imponiamo la planarità, il campo si restringe ai gruppi C_{2h} e C_{2v} .

3. Isomeria e meccanica quantistica non relativistica

Cerchiamo di comprendere ora com'è possibile concepire la formazione degli isomeri partendo dai principi della mec-

canica quantistica non relativistica applicata ai problemi chimici, la chimica quantistica non relativistica. Essendo l'Hamiltoniano molecolare di una molecola isolata stazionario, il problema del moto molecolare si riduce a trattare semplicemente l'equazione di Schroedinger molecolare indipendente dal tempo,

$$\hat{H}_M \Psi_M(\mathbf{r}, \mathbf{R}) = E_M \Psi_M(\mathbf{r}, \mathbf{R}), \quad (6)$$

dove $\{\mathbf{r}\}$ e $\{\mathbf{R}\}$ indicano, rispettivamente, l'insieme delle coordinate degli elettroni e quello dei nuclei. Ψ_M è la funzione d'onda molecolare che descrive lo stato del sistema ed E_M è il valore proprio dell'energia molecolare. La dipendenza dal tempo della funzione d'onda è contenuta in un fattore esponenziale, $\exp(-iE_M t/\hbar)$, in modo tale che la funzione d'onda totale è

$$\Psi_M(\mathbf{r}, \mathbf{R}, t) = \Psi_M(\mathbf{r}, \mathbf{R}) \cdot e^{-iE_M t/\hbar} \quad (6')$$

In chimica quantistica l'informazione sulla molecola è quindi completamente contenuta nella funzione d'onda Ψ_M che risolve l'equazione (6). La funzione d'onda (6') è la funzione d'onda di uno stato stazionario, uno stato di energia ben definita. Secondo un'opinione diffusa, che con tutta probabilità ha origine dal Dirac (1929), l'equazione di Schroedinger è in grado di interpretare tutti i fatti chimici e spettroscopici microscopici, in altre parole tutti gli aspetti fisici del mondo atomico e molecolare che non coinvolgono la struttura interna dei nuclei. Il Feynman (1918-1988), nel suo libro "QED - La strana teoria della luce e della materia" [1] si esprime nel modo seguente: La meccanica quantistica ha dunque fornito la teoria che sottostà alla chimica, sicché si può dire che la chimica teorica fondamentale è in realtà un aspetto della fisica.

L'equazione (6) è la stessa per tutti gli isomeri, poiché \hat{H}_M è lo stesso e le condizioni al contorno del problema fisico da risolvere sono le stesse. L'Hamiltoniano molecolare è invariante rispetto al gruppo P_M dove, in questo caso, le permutazioni si riferiscono ai nuclei identici e non agli atomi identici. (Questa è solo una parte della simmetria interna dell'operatore di Hamilton molecolare. Oltre ad esistere la simmetria collegata alla permutazione degli elettroni, esiste anche una simmetria esterna, collegata alla isotropia ed alla omogeneità dello spazio libero. L'isotropia dello spazio è definita dalla simmetria $O(R) = R(3) \otimes C_i$ del sistema di riferimento fisso al laboratorio. Si può osservare che per quanto concerne \hat{H}_M e l'equazione (6), non è possibile fare collegamenti diretti a gruppi puntuali a causa della non stazionarietà dei nuclei e del principio d'indeterminazione di Heisenberg (1927). Come vedremo, questi agganci sono possibili solo entro l'approssimazione adiabatica.) La questione che si pone è: in che modo è possibile collegare la presenza degli isomeri all'equazione di Schroedinger molecolare.

Prima di cercare di dare una risposta al quesito posto, è necessario chiarire brevemente come ci si riappropria del concetto di struttura o forma molecolare in chimica quantistica e la si analizza. Per una discussione più estesa in relazione alla strutturistica chimica, si veda il rif. [6].

Com'è ampiamente noto, a causa della forma del potenziale d'interazione tra particelle identiche, la (6) non può essere risolta in modo analitico, ma solo in modo approssimato. Un'approssimazione ben conosciuta e di fonda-

mentale importanza in chimica, che ci permette di ottenere il concetto classico di struttura molecolare tridimensionale, è *l'approssimazione di Born-Oppenheimer* (1927). Dal punto di vista classico tale approssimazione prende il nome di *approssimazione adiabatica*.

Nell'approssimazione di Born-Oppenheimer la funzione d'onda molecolare, Ψ_M , si scrive come il prodotto di una funzione d'onda elettronica Ψ_e per una nucleare Ψ_n

$$\Psi_M = \Psi_e \cdot \Psi_n \quad (6'')$$

ed il moto degli elettroni è studiato a nuclei fissi, in breve si considerano gli elettroni come particelle che si muovono in un campo esterno creato dai nuclei fissi in una particolare configurazione. Il campo di potenziale avrà la simmetria della configurazione nucleare, simmetria definita da un gruppo puntuale. Secondo quanto discusso precedentemente, questa simmetria puntuale, che è una conseguenza dell'approssimazione adiabatica, può essere messa in relazione con il gruppo di permutazioni P_M dei nuclei della molecola. L'operatore di Hamilton elettronico, \hat{H}_e , avrà di conseguenza la stessa simmetria spaziale di quella del campo creato dai nuclei fissi, in altre parole di un sottogruppo di P_M . L'equazione di Schroedinger del moto degli elettroni a nuclei fissi si chiama equazione di Schroedinger elettronica:

$$\hat{H}_e \Psi_e(\mathbf{r}; \mathbf{R}) = E_e \Psi_e(\mathbf{r}; \mathbf{R}) \quad (7)$$

Considerare i nuclei fissi, vuol dire che l'energia cinetica dei nuclei è nulla, in altre parole la quantità di moto di ogni singolo nucleo diventa zero e contemporaneamente la posizione dei nuclei è completamente nota. I nuclei diventano quindi particelle classiche dove il principio di indeterminazione di Heisenberg non è applicabile. L'uso dei gruppi puntuali nello studio quantomeccanico della struttura molecolare implica l'assunzione della approssimazione adiabatica.

La presenza dello spin elettronico ha importanti conseguenze sulle proprietà di simmetria della funzione d'onda elettronica $\Psi_e(\mathbf{x}; \mathbf{R})$, proprietà che non derivano direttamente dall'equazione (7). Ci riferiamo alla natura antisimmetrica della Ψ_e rispetto alle permutazioni degli argomenti della funzione d'onda elettronica, l'insieme $\{\mathbf{x}\}$ delle coordinate $\{\mathbf{r}\}$ e delle variabili di spin $\{\boldsymbol{\sigma}\}$ degli elettroni. E' interessante notare come il principio di antisimmetria cui deve soddisfare la funzione d'onda di fermioni identici, come sono gli elettroni, si possa far risalire al principio d'indistinguibilità delle particelle identiche.

L'approssimazione di Born-Oppenheimer porta al concetto di ipersuperficie di energia potenziale $U(\mathbf{R})$ per ogni stato elettronico della molecola. Questa ipersuperficie si ottiene risolvendo l'equazione di Schroedinger elettronica per un numero adeguato di configurazioni nucleari. E' quindi possibile discutere la forma di una molecola in funzione di tali ipersuperfici i cui minimi, identificabili da un gradiente nullo e da una matrice Hessiana (\mathbf{H}) con autovalori tutti positivi, rappresentano strutture molecolari all'equilibrio stabili o metastabili. Gli elementi della matrice Hessiana sono le derivate seconde dell'energia fatte rispetto alle coordinate nucleari,

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \nabla^2 E \\ \nabla R_i \nabla R_j \end{bmatrix}$$

(Un minimo di una struttura stabile deve contenere almeno un livello vibrazionale.) In una data ipersuperficie di energia potenziale possono essere presenti diversi minimi stabili, corrispondenti a strutture chimicamente identificabili. Questo vuol dire che un calcolo sufficientemente ampio della ipersuperficie dello stato elettronico fondamentale dovrebbe permetterci di individuare le forme stabili e metastabili e quindi anche gli isomeri. Ne consegue che nella ipersuperficie di energia potenziale dello stato fondamentale del dicloroetilene devono esistere almeno tre minimi stabili di profondità comparabile corrispondenti alle geometrie di equilibrio dei tre isomeri. In relazione a questo aspetto del problema, è stata usata la teoria degli orbitali molecolari (MO) per calcolare sia l'energia totale dei tre isomeri dopo completa ottimizzazione della geometria sia le frequenze armoniche dei modi normali di vibrazione. Vi è un altro approccio allo studio della struttura elettronica delle molecole, quello del legame di valenza (VB). Sebbene i calcoli moderni facciano prevalentemente uso della teoria MO, quella VB ha lasciato la propria impronta nel linguaggio chimico. Basta pensare ai termini quali ibridizzazione e risonanza o mesomeria, termini ancora largamente impegnati nella trattazione qualitativa della struttura elettronica delle molecole. Un'interessante applicazione dell'uso del concetto di ibrido in un quadro MO è riportato nel rif. [7], mentre il rif. [8], contiene una recente review sulla ibridizzazione.

I risultati ottenuti sull'energia, con diversi modelli della chimica quantistica, sono stati riportati in Tabella 2, tabella che contiene anche i valori calcolati dei momenti di dipolo elettrico e le entalpie di formazione sperimentali degli isomeri. L'analisi dei dati di Tabella 2 indica che l'energia dei tre isomeri è molto simile con una differenza dell'ordine di alcuni kJ/mol. Per quanto concerne la stabilità relativa, i dati sperimentali di letteratura [9,10] ed i calcoli quantomeccanici eseguiti, danno risposte non sempre univoche. Infatti, partendo dai risultati sperimentali delle entalpie di formazione, si può osservare che l'1,1-C₂H₂Cl₂ è più stabile degli 1,2-C₂H₂Cl₂; tuttavia, l'incertezza sulle entalpie di formazione standard degli 1,2-C₂H₂Cl₂ è quattro volte maggiore di questa differenza di energia e questo pone dell'incertezza su questo ordinamento. Negli 1,2 derivati, la forma cis è più stabile di quella trans, ma anche questo dato è da prendere con altrettanta cautela. Tra i risultati della chimica quantistica, solo l'Hamiltoniano modello PM3 dà la forma 1,1-C₂H₂Cl₂ più stabile che quelle 1,2-C₂H₂Cl₂, mentre tutti i modelli ab initio sia a livello Hartree-Fock sia quello con correzione perturbativa MP2, danno l'1,1-C₂H₂Cl₂ meno stabile degli 1,2-C₂H₂Cl₂. I dati di Tabella 2 mostrano in modo chiaro come il modello HF trova più stabile la forma trans di quella cis, ma tale stabilità si inverte quando si aggiunge la correzione MP2. Questa inversione può essere facilmente compresa, dato che l'energia dovuta alla correzione MP2 è di due ordini di grandezza maggiore del ΔE tra gli isomeri. Per avere una risposta soddisfacente a livello dello sviluppo perturbativo, probabilmente bisogna ampliare il calcolo perturbativo fino ad un ordine tale che l'energia della correzione perturbativa sia significativamente minore del ΔE tra gli isomeri. L'aggiunta dell'energia vibrazionale del punto zero, E_0 , riportata in Tabella 3, non modifica le stabilità degli isomeri. In conclusione, la differenza di energia dei tre isomeri cade entro l'ordine di grandezza di alcuni kJ/mole, un valore limite anche per i migliori modelli della chimica quantistica quando

sono applicati a queste dimensioni molecolari [11], da qui la difficoltà di una risposta univoca di tali modelli.

La Tabella 3 mostra il confronto dei valori calcolati delle frequenze armoniche dei dodici modi normali dei tre isomeri del dicloroetilene, con i dati sperimentali delle fre-

quenze fondamentali. Come è usuale, si può osservare un buon accordo.

Il sistema molecolare può cadere in uno dei minimi della ipersuperficie di energia potenziale. Se le barriere che separano questo minimo da quelli adiacenti sono elevate e larghe, il sistema rimarrà nel mi-

Tabella 2 Energia totale relativa (ΔE) e momento di dipolo elettrico ($|d|$) dei tre isomeri del dicloroetilene. I valori riportati sono stati ottenuti con diversi metodi della chimica quantistica dopo completa ottimizzazione della geometria.

Metodo di calcolo	1,1-dicloroetilene		1,2-dicloroetilene			
	ΔE kJ/mol	$ d $ D	trans		Cis	
	ΔE kJ/mol	$ d $ D	ΔE kJ/mol	$ d $ D	ΔE kJ/mol	$ d $ D
PM3	0	1.099	1.88	0	3.68	0.793
Ab initio [3-21G]	13.35	2.506	0	0	4.73	3.067
Ab initio [6-31G*]	11.51	1.816	0 ^{a)}	0	0.92	2.347
Ab initio [6-31G**]	11.30	1.818	0 ^{b)}	0	0.96	2.357
Ab initio [6-31G**] +MP2	5.23		2.38		0 ^{c)}	
Sperimentale	1.26* 2.59±1.30*	1.34	4.18* 5.02±8.49*	0	1.88* 4.60±8.49*	1.90

* ΔH_f° , entalpia di formazione standard dei gas in kJ/mol. Dai rif. [9,10]. ^{a)} $E_{tot} = -2614552.86$ kJ/mol.

^{b)} $E_{tot} = -2614562.23$ kJ/mol. ^{c)} $E_{tot} = -2616021.31$ kJ/mol.

Tabella 3. Frequenze delle vibrazioni fondamentali sperimentali e calcolate degli isomeri del dicloroetilene.

1,1-C ₂ H ₂ Cl ₂ (C _{2v})			Trans 1,2-C ₂ H ₂ Cl ₂ (C _{2h})			Cis 1,2-C ₂ H ₂ Cl ₂ (C _{2v})		
v/cm ⁻¹	Sper. ^{a)}	Teor. ^{b)}	v/cm ⁻¹	Sper. ^{a)}	Teor. ^{b)}	v/cm ⁻¹	Sper. ^{a)}	Teor. ^{b)}
$\nu_1(a_1)$	3035	3009.0	$\nu_1(a_g)$	3071	3075.0	$\nu_1(a_1)$	3086	3072.8
$\nu_2(a_1)$	1616	1649.6	$\nu_2(a_g)$	1576	1640.3	$\nu_2(a_1)$	1591	1644.5
$\nu_3(a_1)$	1391	1381.5	$\nu_3(a_g)$	1270	1281.9	$\nu_3(a_1)$	1179	1197.0
$\nu_4(a_1)$	601	581.9	$\nu_4(a_g)$	844	831.3	$\nu_4(a_1)$	711	686.5
$\nu_5(a_1)$	299	288.0	$\nu_5(a_g)$	349	338.0	$\nu_5(a_1)$	173	162.6
$\nu_{11}(b_2)$	874	954.3	$\nu_6(a_u)$	898	949.6	$\nu_6(a_2)$	876	949.0
$\nu_{12}(b_2)$	458	465.2	$\nu_7(a_u)$	192	210.5	$\nu_7(a_2)$	406	413.5
$\nu_7(b_1)$	3130	3091.7	$\nu_8(b_g)$	758	822.7	$\nu_8(b_1)$	3072	3052.2
$\nu_8(b_1)$	1088	1092.0	$\nu_9(b_u)$	3090	3070.1	$\nu_9(b_1)$	1303	1305.7
$\nu_9(b_1)$	788	783.3	$\nu_{10}(b_u)$	1200	1208.0	$\nu_{10}(b_1)$	857	833.3
$\nu_{10}(b_1)$	375	364.9	$\nu_{11}(b_u)$	827	793.7	$\nu_{11}(b_1)$	571	552.8
$\nu_6(a_2)$	686	696.0	$\nu_{12}(b_u)$	265	231.9	$\nu_{12}(b_2)$	697	728.2
$E_0^{c)}$	85.98	86.06	$E_0^{c)}$	85.98	86.52	$E_0^{c)}$	87.07	87.49

^{a)}Dati ripresi da G. Herzberg "Electronic Spectra of Polyatomic Molecules", Van Nostran, Princeton, N.J., (1966), p. 635-636.

^{b)}Questi risultati sono stati ottenuti da calcoli ab initio con base [6-31G*] dopo completa ottimizzazione della geometria e riducendo il valore delle frequenze armoniche calcolate con il noto fattore di scala di 0.8929 [11].

^{c)} E_0 , energia vibrazionale del punto zero in kJ/mol.

nimo in cui è caduto per lunghissimo tempo, e la struttura molecolare è quindi una struttura rigida, come nel caso considerato del dicloroetilene. Ad esempio, il passaggio dalla forma trans a quella cis nello stato elettronico fondamentale dell'1,2-dicloroetilene, *isomerizzazione trans-cis*, richiede la rottura del legame π , un processo che ha bisogno di circa 200 kJ/mol. Si veda a tal proposito la Figura 3, che riporta un modello di curva di energia potenziale per la isomerizzazione trans-cis dell'etilene, modello applicabile, con piccole modifiche, anche all'1,2-dicloroetilene. Per una completa discussione teorica sulla isomerizzazione cis-trans di olefine, si consiglia il rif. [12]. Nel caso del passaggio dall'1,1-dicloroetilene all'1,2-dicloroetilene, bisogna rompere due legami, di cui uno tra C e Cl ed uno tra C e H, un processo che ha bisogno di molta più energia. *Una struttura rigida di una molecola ha un ben definito gruppo puntuale.* Se invece la barriera che separa i minimi, non è troppo elevata e stretta, può diventare significativo l'effetto tunnel, ed allora quella particolare struttura è detta non-rigida. Il gruppo di simmetria molecolare di una struttura non rigida non necessariamente è il gruppo puntuale corrispondente al minimo, ma può essere un gruppo puntuale maggiore o, addirittura, un gruppo non corrispondente agli ordinari gruppi puntuali. Lo studio di come il sistema cade in uno dei minimi della ipersuperficie, implica la risoluzione dell'equazione di Schroedinger del moto dei nuclei sulla ipersuperficie di energia potenziale. Un argomento che non affronteremo in questo saggio.

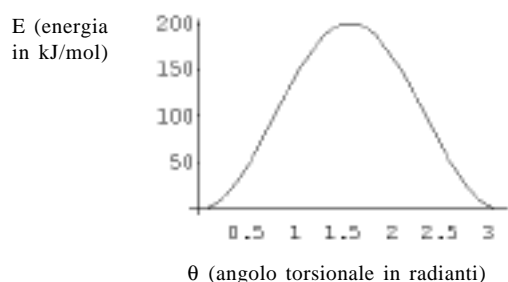


Figura 3. Curva di energia potenziale modello per la isomerizzazione trans-cis dell'etilene

4. Isomeria e teorema di Pólya [13,14]

Analizziamo ora come è possibile determinare, dal punto di vista matematico, la comparsa dei tre isomeri nel dicloroetilene. I metodi matematici che useremo fanno parte di quella branca della matematica che è nota come matematica discreta; in particolare faremo uso del teorema di Pólya in connessione con i gruppi di simmetria puntuali delle molecole. Per una approfondita ed estesa discussione dell'argomento con applicazioni, si rinvia ai rif. [15,16]. Altre applicazioni di tipo didattico si trovano nei rif. [17-19]. Il problema è impostato nel seguente modo: contare quali e quanti sono i derivati che si ottengono dall'etilene, qualora le posizioni all'origine occupate dagli idrogeni, che possiamo chiamare siti di sostituzione, sono occupate da uno stesso o diversi sostituenti. A questo proposito si veda la Figura 4.

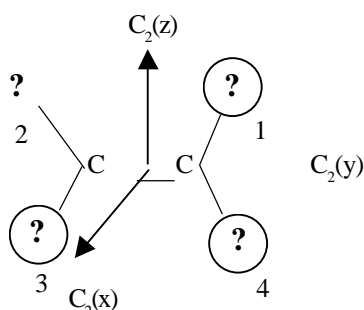
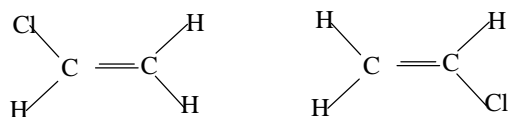


Figura 4. Scheletro dell'etilene con assi binari e numerazione delle posizioni di sostituzione

Siano due i sostituenti, ad esempio H e Cl. Il numero totale dei modi in cui l'occupazione dei siti di sostituzione può essere fatta è 2 per ogni sito, in totale $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^4 = 16$. Tuttavia, se si tiene conto della simmetria del sistema molecolare, vedi la discussione seguente, si osserva che alcune di queste sostituzioni sono indistinguibili. Ad esempio, le due molecole



ottenute da due diverse sostituzioni, si possono trasformare l'una nell'altra attraverso la rotazione attorno all'asse $C_2(x)$, (vedi Fig. 4). Ne consegue che il numero totale di sostituzioni non equivalenti, cioè il numero totale dei diversi isomeri che si ottengono dall'etilene, si riduce a sette. Allo scopo di trattare problemi enumerativi di questo tipo vediamo ora il procedimento sviluppato dal Pólya. La molecola di etilene (C_2H_4),³ o meglio lo scheletro molecolare che si ottiene togliendo gli idrogeni, vedi Fig. 4, ha simmetria D_{2h} , ma, essendo la molecola planare, per il nostro esame è sufficiente considerare solo il sottogruppo delle rotazioni proprie, il gruppo D_2 . Se numeriamo con 1,2,3,4 i quattro siti di sostituzione di Fig.4, questi formano un insieme $I_1 = \{1,2,3,4\}$. Sotto le operazioni di simmetria del gruppo

$$D_2 = \{ \hat{E}, \hat{C}_2(x), \hat{C}_2(y), \hat{C}_2(z) \}$$

gli elementi dell'insieme si trasformano tra loro, in altre parole formano una D_2 -orbita, e danno luogo ad un gruppo di permutazioni di quattro elementi, $P(D_2) = \{P_1, P_2, P_3, P_4\}$,

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 3 & 4 & 1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 4 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$P(D_2)$ è isomorfo a D_2 , ed è un sottogruppo del gruppo simmetrico S_4 . Ognuna di queste permutazioni può essere espressa come il prodotto di cicli disgiunti. La struttura a cicli delle permutazioni di $P(D_2)$ è 1^4 per P_1 e 2^2 per P_2, P_3 e P_4 . Se ad ognuna delle permutazioni del gruppo di permutazioni associamo un monomio formato dal seguente prodotto

$$x_1^{e_{1P}} x_2^{e_{2P}} \dots x_k^{e_{kP}}$$

nelle variabili fittizie x_i ($i=1,2,\dots,k$), dove k è il numero di elementi da permutare ($k=4$ per $P(D_2)$), allora *l'indice dei cicli Z del gruppo di permutazioni è la media aritmetica di questi monomi*. Nel caso trattato, si ha [15]

$$Z(P(D_2), x_1, x_2) = \frac{1}{4}(x_1^4 + 3x_2^2) \quad (8)$$

Se m è il numero dei diversi sostituenti che possono essere attaccati ad una qualunque delle quattro posizioni di sostituzione della Fig. 4 e se con w_i indichiamo la *variabile peso* dell' i -esimo sostituto, Pólya (1936-1937) ha mostrato che la *serie di conteggio degli isomeri* CI si ottiene facendo la sostituzione

$$x_i \rightarrow w_1^i + w_2^i + \dots + w_m^i \quad (9)$$

nell'indice dei cicli che, nel caso dell'equazione (8)

³ Il gruppo di permutazioni di questo composto è $P_M(C_2H_4) = S_2 \otimes S_4$, un gruppo d'ordine 48, sottogruppo di S_6 . A sua volta, $P_M(C_2H_2Cl_2)$ è un sottogruppo di $P_M(C_2H_4)$.

$$CI(\mathbf{P}(\mathbf{D}_2), w_1 + w_2 + \dots + w_m, w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_m^2) = \frac{1}{4} \left[(w_1 + w_2 + \dots + w_m)^4 + 3(w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_m^2)^2 \right], \quad (10)$$

ed il *numero totale di isomeri* NI è

$$NI(\mathbf{P}(\mathbf{D}_2), m, m) = \frac{1}{4} (m^4 + 3 \cdot m^2). \quad (11)$$

Espandendo la serie di conteggio degli isomeri si ottiene una combinazione di termini del tipo

$$w_1^{n_1} w_2^{n_2} \dots w_m^{n_m} \quad (12)$$

con $n_i = 1, 2, \dots, k$ e $\sum_{i=1}^m n_i = k$. Nel caso considerato $k=4$. Il coefficiente di questo termine

nell'espansione è il numero di isomeri di formula molecolare

$$R A_{n_1} B_{n_2} \dots Z_{n_m} \quad (13)$$

dove con R abbiamo indicato quella parte di formula molecolare non facente parte dei siti di sostituzione. Ad esempio nel caso dell'etilene $R=C_2$, e per $m=2$, dalla (11) si ha $NI=7$ e la serie di conteggio degli isomeri diventa:

$$CI = \frac{1}{4} \left[(w_1 + w_2)^4 + 3(w_1^2 + w_2^2)^2 \right] = w_1^4 + w_1^3 w_2 + 3w_1^2 w_2^2 + w_1 w_2^3 + w_2^4. \quad (14)$$

Se H e Cl indicano elementi con peso, rispettivamente, w_1 e w_2 , allora la versione espansa della serie di conteggio degli isomeri, eq. (14), ci indica che abbiamo i seguenti composti con il numero di isomeri definiti dai coefficienti dell'espansione (14):

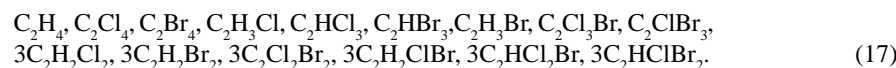


La somma dei coefficienti dell'espansione (14) è 7, uguale al valore di NI ottenuto dalla (11) e, come si vede dalla (15), si hanno tre isomeri del tipo $C_2H_2Cl_2$.

Nel caso in cui $m=3$, la serie di conteggio degli isomeri è

$$CI = \frac{1}{4} \left[(w_1 + w_2 + w_3)^4 + 3(w_1^2 + w_2^2 + w_3^2)^2 \right] = w_1^4 + w_2^4 + w_3^4 + w_1^3 w_2 + w_1 w_2^3 + w_1^3 w_3 + w_1 w_3^3 + w_2^3 w_3 + w_2 w_3^3 + 3w_1^2 w_2^2 + 3w_1^2 w_3^2 + 3w_2^2 w_3^2 + 3w_1^2 w_2 w_3 + 3w_1 w_2^2 w_3 + 3w_1 w_2 w_3^2 \quad (16)$$

e dall'eq.(11), il numero totale di isomeri è $NI= 27$. Se H, Cl, Br sono elementi con peso, rispettivamente, w_1, w_2 e w_3 , allora la versione espansa della serie di conteggio degli isomeri, eq. (16), ci indica che abbiamo i seguenti composti con il numero di isomeri definiti dai coefficienti dell'espansione (16):



Di nuovo, la somma dei coefficienti dell'espansione (16) è 27, uguale al valore di NI ottenuto dalla eq. (11).

5. Conclusioni

In questo saggio sull'isomerismo del dicloroetilene, abbiamo cercato di mettere in evidenza alcuni aspetti fondamentali che derivano dall'uso di diversi linguaggi della chimica, in particolare quello della chimica quantistica non relativistica e quello della matematica discreta. Purtroppo i calcoli di chimica quantistica che abbiamo eseguito e presentato, non sono stati in grado di risolvere il problema della stabilità relativa dei tre isomeri, a causa del fatto che probabilmente la differenza di stabilità cade entro alcuni kJ/mol un valore che, secondo J.A. Pople [11], recente premio Nobel per la Chimica, è un limite estremo per i modelli attuali della chimica quantistica di sistemi di

queste dimensioni. Inoltre sono stati sottolineati i collegamenti tra i gruppi di permutazione degli atomi (nuclei) di una molecola da una parte ed i gruppi puntuali dall'altra, un confronto reso possibile solo entro il quadro dell'approssimazione adiabatica e della strutturistica chimica classica. Infine è stata sviluppata la teoria di Pólya per la enumerazione degli isomeri che derivano dall'etilene per sostituzione degli idrogeni.

Glossario

Carattere di una matrice quadrata: somma degli elementi diagonali

Gruppo abeliano: gruppo in cui vale la legge commutativa per ogni coppia di elementi.

Gruppo astratto: insieme astratto non vuoto dotato di legge binaria di composizione interna per la quale vale la legge associativa, esiste l'elemento neutro ed esiste, per ogni elemento dell'insieme, l'elemento simmetrico od inverso.

Gruppo ciclico: gruppo in cui ogni suo elemento può essere espresso come potenza di uno stesso elemento del gruppo.

Gruppo simmetrico S_n : gruppo formato dalle $n!$ permutazioni di n oggetti.

Gruppo di simmetria puntuale di una molecola: gruppo formato dall'insieme delle operazioni di simmetria distinte - o degli operatori connessi - che trasformano la molecola in se stessa.

Insieme astratto: insieme in cui non è precisata la natura degli elementi.

Isomeri: il termine è usato sia nel senso chimico tradizionale sia in quello del calcolo combinatorio sull'enumerazione dei composti chimici derivanti dalla sostituzione di uno o più atomi o gruppi.

Orbita molecolare: insieme completo degli atomi di una molecola che si sovrappongono per azione delle operazioni di simmetria.

Permutazione ciclica o ciclo: per permutazione ciclica di m elementi a_1, a_2, \dots, a_m , s'intende la permutazione in cui a_1 è

sostituito da a_2, \dots, a_i da a_{i+1}, \dots , ed a_m da a_1 .

Rappresentazione di matrici di un gruppo: un gruppo di matrici omomorfo al gruppo considerato.

Sottogruppo: è un gruppo dentro al gruppo.

Struttura a cicli di una permutazione: una qualunque permutazione può essere sempre scomposta nel prodotto di cicli disgiunti che commutano due a due, e la decomposizione è unica.

Tabella dei caratteri: insieme dei caratteri delle matrici delle rappresentazioni irriducibili di un gruppo.

Teorema di Lagrange: l'ordine di un gruppo finito è un multiplo dell'ordine di un suo qualsiasi sottogruppo.

Teorema di Cayley: ogni gruppo finito d'ordine n è isomorfo ad un certo sottogruppo del gruppo simmetrico S_n .

Riferimenti

- [1] R. P. Feynman, *QED – La strana teoria della luce e della materia*, Adelphi Edizioni, Milano, 1989.
[2] R.J. Gillespie e J. Hargittai, *Geometria Molecolare – Il Modello VSEPR*, Zanichelli, Bologna (1994).
[3] D. R. Lide Ed., *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 75TH Edition, CRC Press, Boca Raton (1995).
[4] J.A. Pople, *J. Am. Chem. Soc.* **102** (1980) 4615.
[5] P.R. Bunker, *Molecular Symmetry and Spectroscopy*, Academic Press, New York, (1979).

[6] G. Berthier, M. Defranceschi, F. Momicchioli, *FTCL* **XX** (1992) 1.

[7] F. Momicchioli, I. Baraldi, M.C. Bruni, *Chem Phys.* **70** (1982) 161; *ibid.* **82** (1983) 22.

[8] C. Barbier, G. Berthier, *Adv. Quan. Chem.* **36** (1999) 1.

[9] D.R. Stull, E.F. Westrum, Jr., G.C. Sinke, *The Chemical Thermodynamics of Organic Compounds*, Wiley, New York (1969).

[10] J.B. Pedley, R.D. Naylor, S.P. Kirby, *Thermochemical Data of Organic Compounds*, Second Edition, Chapman and Hall, London (1986).

[11] J.A. Pople, *Angew. Chem. Int. Ed.* **38** (1999) 1894.

[12] J. Michl, V. Bonacic-Koutecky, *Electronic Aspect of Organic Photochemistry*, Wiley, New York (1990).

[13] G. Pólya, *Acta Math.* **68** (1937) 145.

[14] G. Pólya and R.C. Read, *Combinatorial Enumeration of Groups, Graphs, and Chemical compounds*, Springer, Berlin (1987).

[15] I. Baraldi, C. Fiori, D. Vanossi, *J. Mat. Chem.* **25** (1999) 23.

[16] I. Baraldi, D. Vanossi, *J. Chem. Inform. Comp. Science*, **40** (2000) 386.

[17] I. Baraldi, *La Chimica nella Scuola* **XIX** (1997) 40.

[18] I. Novak, *J. Chem. Educ.* **73** (1996) 120.

[19] S. Pevac, G. Crundwell, *J. Chem. Educ.* **77** (2000) 1358.

E' deceduto a Genova durante il mese di Agosto, all'età di 94 anni, il Prof. Sandro Doldi che i lettori di CnS ricordano per i contributi molto significativi sulla Storia dell'industria chimica italiana del novecento. Egli questa storia l'aveva vissuta in prima persona come amico ed allievo dei più importanti personaggi, dei quali amava ricordare anche gustosi aneddoti.

Docente presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova e imprenditore in un settore specifico legato alla navigazione, si veda un suo recente lavoro sulla clorazione delle acque comparso su CnS, dopo il ritiro dalla carriera universitaria e lavorativa si era dedicato con rinnovato entusiasmo alla storia della scienza, con particolare attenzione al contributo dei liguri in questo settore.

Sulla sua inseparabile macchina da scrivere, al momento della morte, sono state trovate pagine dedicate ad nuovo lavoro che CnS si impegna a pubblicare in un prossimo futuro come commosso ricordo.

Il Direttore e la Redazione di CnS partecipano al dolore dei familiari e di quanti hanno conosciuto e apprezzato nel Prof. Doldi l'opera di ricercatore sottile e indefesso; col Prof. Doldi viene a mancare uno dei collaboratori più attenti ai problemi della didattica della chimica.

CHE TIPI DI ESPERIMENTI CI SONO NEI LIBRI DI TESTO DI CHIMICA?

Sommario

In questo lavoro sono state esaminate le schede sperimentali riportate in sei libri di testo di Chimica della Scuola Secondaria Superiore. Come strumento di indagine è stata messa a punto una griglia per accertare lo scopo delle esperienze, il coinvolgimento degli studenti e l'organizzazione delle schede. I risultati ottenuti possono essere così sintetizzati

a) Molto spesso nelle schede sono riportati dettagliatamente i risultati e l'interpretazione delle esperienze, per cui non risulta strettamente necessario eseguirle: tali schede sono più che altro materiale di lettura complementare al testo. In effetti, anziché fare sperimentare agli studenti un'attività diversa in un contesto particolare, si presenta un altro modo di trasferire informazioni ricorrendo all'espedito retorico dell'oggettività dei dati sperimentali

b) Quando lo scopo dell'esperienza è la verifica di una teoria, il riferimento a questa agisce come un filtro tra i risultati sperimentali e le loro possibili interpretazioni facendo scegliere solo quelle in accordo con le previsioni. Non viene sollecitato quell'atteggiamento critico verso i dati che dovrebbe caratterizzare un'effettiva verifica: anziché mettere in atto un attento controllo della coerenza tra dati e spiegazioni ci si limita a constatare che le cose vanno come ci si aspetta. Questo atteggiamento di subordinazione e di delega alla teoria provoca anche una scarsa attenzione alle condizioni dell'esperienza: anziché essere determinanti per il tipo di risultati che si ottengono, assumono un carattere accessorio, descrittivo di come si debba allestire l'esperimento.

c) Le attività di verifica sono così

(*) Istituto statale d'arte "P. Mercuri", Ciampino (Roma)

(**) Liceo scientifico statale "L. Spallanzani", Tivoli (Roma)

(***) Università degli Studi "Roma Tre"

MANUELA CRESCENZI(*)
MANUELA MANCINI(**)
EUGENIO TORRACCA(***)

rigidamente strutturate e caratterizzate da tante assunzioni implicite da dare un'idea distorta di come la conoscenza scientifica venga acquisita

Abstract

Lab work sheets of six high school Chemistry textbooks have been examined by means of a checklist developed to ascertain the aim of the experiences, the involvement of students and the way sheets were organised. The results obtained can thus be summarised

a) Quite frequently the results and interpretation of experiences are reported in the sheets in every detail so that it is not strictly necessary to perform any practical activity: these sheets could be read as a complement to the text. In fact, instead of being an opportunity for students to experience a new kind of activity in a different context, this would be another way of conveying information under the shield of the rhetoric expedient of referring to the objectivity of experimental data.

b) When the aim of the experience is the verification of a theory the reference to it acts as a filter between experimental results and their interpretation, leading to select only that in agreement with predictions. A critical attitude towards the data which should characterise a real verification, i.e. a careful control of consistence between the observed data and the explanation rather than a mere realisation that things go on as expected, is not encouraged. This attitude of subordination and delegation to the theory leads also to a decreased attention to the conditions of the experiment: they lose their cause-effect relationship

with the results and become something accessory, descriptive of the experiment.

c) The activities of verification are so strictly structured and make so many implicit assumptions that they convey a distorted view of the procedures to gain scientific knowledge

INTRODUZIONE

L'esigenza di riformare l'insegnamento scientifico a tutti i livelli scolari è all'origine di molti progetti di riorganizzazione del sistema scolastico che sono stati proposti o elaborati in questi ultimi anni nei paesi di lingua inglese [1-4]. L'obiettivo dichiarato è di assicurare una formazione di base in campo scientifico a tutti i cittadini, che sempre più si trovano ad operare in situazioni lavorative caratterizzate dall'utilizzazione di tecnologie in rapida evoluzione o a dover prendere decisioni cruciali per la società che implicano la conoscenza degli aspetti scientifici dei problemi. Questi obiettivi non sono molto dissimili da quelli che nel nostro paese sono apparsi in vari documenti di origine governativa o ministeriale che prefigurano una riforma del sistema scolastico italiano [5, 6].

In tutti i progetti di riforma si sottolinea l'importanza dell'attività di laboratorio come mezzo insostituibile non solo per apprendere i concetti ma anche per imparare ad eseguire una indagine scientifica e ad acquisire una consapevolezza dei modi di procedere della scienza.

Le numerose ricerche empiriche svolte sull'efficacia del laboratorio nell'apprendimento delle scienze non hanno portato a risultati univoci [7-11], dal momento che i possibili esiti dipendono dalle finalità perseguite e quindi dal tipo di "laboratorio" che si fa. In altre parole, l'attività sperimentale potrebbe essere non determinante nell'acquisizione di specifici concetti o abilità cognitive, ma molto efficace per sollecitare la motivazione degli studenti, la capacità di memorizzare

fatti e fenomeni o l'acquisizione di abilità operative.

Per raggiungere gli obiettivi dichiarati nei progetti di riforma non è quindi sufficiente "fare laboratorio", ma è necessario progettare un'attività che faccia cimentare gli studenti con problemi la cui risoluzione non è data a priori ma implichi l'esercizio di capacità logiche e interpretative e li abitui ad argomentare, prendere decisioni, rivedere criticamente le proprie opinioni. Non è facile prevedere fino a che punto siano realizzabili tali attività sperimentali, dal momento che la situazione italiana per quanto riguarda l'uso dei laboratori scientifici nella didattica si presenta molto eterogenea sia per la presenza o meno di attrezzature adeguate nelle scuole, sia per la diversa competenza disciplinare dei docenti. Un possibile punto di partenza per un'indagine che prenda in esame questo problema potrebbe essere lo studio dei libri di testo che molto spesso contengono schede dedicate al laboratorio nelle quali vengono proposti o descritti esperimenti da realizzare. Il modo di trattare un fenomeno, la problematicità delle possibili spiegazioni, le sue relazioni con la teoria, risentono indubbiamente delle concezioni dell'autore sul ruolo degli esperimenti nell'apprendimento scientifico. Pertanto lo studio di queste schede può mettere in luce il tipo di immagine della scienza che emerge dal testo e la sua coerenza con i presupposti di una corretta educazione scientifica.

Questo lavoro riguarda la messa a punto e l'applicazione di uno strumento di analisi delle schede sperimentali riportate sui testi di Chimica della scuola secondaria superiore per valutare in modo il più possibile oggettivo la loro utilità sul piano formativo, accertando se siano uno strumento adeguato al raggiungimento degli obiettivi indicati nei progetti di riforma del sistema scolastico.

SCELTA DEL CAMPIONE

I testi esaminati sono quelli più adottati nell'anno scolastico 1997-'98 nelle scuole superiori di Roma e provincia. I dati relativi alle adozioni sono stati ricavati dalle schede redatte dalle scuole stesse e messe a disposizione per la ricerca dalla Associazione Provinciale Confesercenti di Roma. I tipi di scuole esaminate sono licei classi-

ci, scientifici, istituti tecnici industriali e altri istituti (magistrali, tecnici per geometri, licei artistici e tecnici agrari). Le scuole complessivamente prese in esame sono 83¹. Per ciascun tipo di scuola abbiamo considerato i primi tre testi più adottati e, eliminando le sovrapposizioni, abbiamo ottenuto un insieme di sette testi (riportati in appendice) che complessivamente rappresentano il 60% delle adozioni. Tra questi il più adottato è il Ripa che però è stato escluso dalla nostra analisi in quanto completamente privo di schede sperimentali.

LO STRUMENTO DI ANALISI

Il riferimento alle attività sperimentali nei testi esaminati si articola in due modi: o ci sono resoconti di esperimenti descritti (a volte illustrati con fotografie o disegni) che sono parte integrante del discorso con il quale

viene presentato un determinato concetto, o ci sono esperimenti da eseguire in laboratorio. Questi ultimi, quasi sempre, sono riportati in schede indipendenti dal testo, facilmente riconoscibili anche dal punto di vista tipografico, in quanto sono riquadrate o raccolte in un manuale separato. Questa separazione degli esperimenti dal testo è probabilmente una scelta editoriale mirata a rendere il testo stesso adottabile anche nelle scuole che non hanno un laboratorio nel quale realizzare le esperienze descritte.

In questo lavoro abbiamo limitato l'attenzione a queste schede ed abbiamo messo a punto una griglia di analisi al fine di accertare la tipologia delle esperienze, il tipo di attività richieste agli studenti, la leggibilità delle istruzioni e la realizzabilità delle esperienze stesse.

Tabella 1
Griglia di analisi delle schede sperimentali

<i>Lo scopo delle esperienze proposte è</i>	
A1	Dimostrativo
A2	Addestrativo
A3	Di supporto o verifica della teoria
A4	Di introduzione alla teoria
<i>La scheda proposta richiede agli studenti</i>	
B1	L'osservazione di fatti e fenomeni
B2	La misura di quantità
B3	Mettere in relazione grandezze fisiche
B4	Interpretare i dati ottenuti
<i>Leggendo la scheda</i>	
C1	La terminologia è accessibile
C2	Le istruzioni sono comprensibili
<i>L'esperimento proposto</i>	
D1	E' riproducibile in un laboratorio scolastico
D2	E' coerente con gli obiettivi dichiarati
D3	Ha un decorso corrispondente a quello descritto nel testo
<i>Le schede contengono</i>	
E1	Indicazioni di prerequisiti e obiettivi
E2	Domande di verifica
E3	Indicazioni sulla durata dell'esperimento
E4	Indicazioni esplicite sulla sicurezza
E5	I dati sperimentali relativi all'esperienza
E6	L'elaborazione dei dati sperimentali o l'interpretazione
E7	Una anticipazione dei fenomeni da osservare

¹ I testi di chimica adottati in totale sono 39 su 152 sezioni esaminate

Per quanto riguarda lo scopo delle esperienze (categoria A), nel “tipo dimostrativo” abbiamo raggruppato le esperienze nelle quali in generale si assiste allo svolgersi di un evento (sviluppo di un gas, cambiamento di colore, formazione di un precipitato, elettrolisi di una soluzione acquosa, ecc.) con l'intento di familiarizzare gli studenti con gli aspetti fenomenologici della Chimica. Nel “tipo addestrativo” abbiamo classificato le esperienze nelle quali si insegnano alcune tipiche operazioni di laboratorio (tecniche di separazione, tecniche di analisi, misure di grandezze fisiche, ecc.) senza ulteriori elaborazioni. Per esperienze collegate con la teoria (introduzione o verifica) abbiamo inteso quelle che l'insegnante potrebbe utilizzare come argomentazione per lo sviluppo dei concetti nella fase di presentazione o in quella di convalida. Per quanto riguarda le attività richieste agli studenti (categoria B), abbiamo individuato quattro livelli di coinvolgimento che vanno dalla semplice osservazione qualitativa ad una attività più problematica relativa all'interpretazione dei dati dell'esperienza, secondo quanto riportato in Tabella 1. Non abbiamo incluso nella griglia le categorie che corrispondono a esperienze aperte quali la soluzione di un problema o la progettazione di un esperimento; queste infatti sono risultate assenti in tutti i testi esaminati², in accordo con quanto trovato da altri autori [7] in indagini analoghe. Per quanto riguarda la leggibilità delle schede (categoria C) abbiamo considerato gli aspetti lessicali (la maggiore o minore accessibilità dei termini usati) e la traducibilità delle istruzioni in azioni concrete. Questa è stata considerata elevata quando le istruzioni erano accompagnate da disegni o fotografie o comunque non presentavano ambiguità su cosa fare.

Nella categoria D abbiamo considerato la realizzabilità degli esperimenti proposti dal punto di vista della disponibilità in un laboratorio scolastico delle attrezzature necessarie e della proponibilità in termini di sicurezza. Inoltre abbiamo valutato la coerenza tra gli esperimenti proposti e gli obiettivi didattici dichiarati o impliciti e, anche se con qualche difficoltà, la corrispondenza tra quanto riportato dagli autori e quello che, a

² In realtà nella guida per l'insegnante del Bagatti sono proposti alcuni problemi sperimentali da risolvere

nostro giudizio, potrebbe essere l'effettivo decorso dell'esperienza seguendo le istruzioni date.

Per quanto riguarda gli aspetti didattici delle schede (categoria E) abbiamo considerato la loro struttura da un punto di vista pedagogico generale (prerequisiti, obiettivi, verifiche) e da un punto di vista più tecnico (durata e sicurezza). Abbiamo considerato significativa un'indicazione sulla durata degli esperimenti in quanto indicativa di una loro effettiva realizzazione da parte degli autori e utile al fine di inserire l'esperienza stessa nella programmazione didattica. Inoltre abbiamo valutato la presenza o meno nelle schede di una descrizione dettagliata dei fenomeni da osservare, con i dati relativi all'esperienza e la loro elaborazione. Questa infatti è, a nostro giudizio, indicazione dell'impostazione più o meno problematica dell'attività sperimentale e dell'atteggiamento più o meno critico nei riguardi delle possibili interpretazioni di un fatto sperimentale.

IDATIOTTENUTI

L'analisi dei testi è stata realizzata sulla base della griglia nel seguente modo: per gli item A e B è stato attribuito un valore 1 o 0 a seconda della corrispondenza o meno tra le caratteristiche delle esperienze e le categorie da noi individuate; in tabella 2 è riportato il numero complessivo delle esperienze (N) e le percentuali di queste che corri-

Tabella 2
Risultati dell'analisi dei testi: item A e B

		N	A1	A2	A3	A4	B1 _{tot} ³	B2 _{tot}	B3 _{tot}	B4 _{tot}
I	Bagatti	42	12	21	5	69	67	50	12	43
II	Bargellini	38	5	11	87	3	79	26	13	61
III	Gimigliano	21	75	10	24	5	75	35	5	5
IV	Passannanti	23	4	17	96	0	65	43	30	0
V	Post-Baracchi	19	11	11	36	42	56	31	16	16
VI	Randazzo	44	38	25	47	5	79	27	14	5

N = numero totale di esperienze presenti nel testo

spondono alle categorie individuate. Per avere indicazioni sulla maggiore o minore articolazione delle esperienze proposte abbiamo ulteriormente analizzato i dati ottenuti per la categoria B (attività richieste agli studenti) valutando la percentuale di esperienze che richiedono, rispettivamente, una sola attività⁴, due attività (in tutte le com-

³ I valori B1_{tot} e B2_{tot} rappresentano le percentuali di schede nelle quali è richiesta, ma non esclusivamente, l'attività di osservazione o di misura. Nella successiva Tabella 3 le attività verranno considerate in modo esclusivo.

⁴ Di fatto abbiamo effettuato il calcolo solo su B1 e B2 (elaborazione e/o interpretazione di dati) in quanto le attività B3 e B4 presuppongono un'attività preliminare di raccolta dei dati.

binazioni possibili), tre e infine quattro attività. In Tabella 3 sono riportati i dati ottenuti per i testi esaminati.

Per gli item C e D, al fine di valutare in maniera meno esclusiva tale corrispondenza, è stata invece adottata la scala Likert di valori da 1, che esprime minimo accordo, a 5; in Tabella 4 sono riportati i valori medi risultanti. Per gli item E abbiamo valutato la corrispondenza o meno (1 o 0) tra le categorie indicate e le caratteristiche delle schede. In Tabella 5 sono riportati i valori percentuali per i testi esaminati.

ANALISI DEI RISULTATI

La nostra analisi ha messo in evidenza che, fatta eccezione per il Gimigliano che intende le esperienze come prevalentemente dimostrative, per tutti i testi le esperienze sono collegate con lo svolgimento della teoria, anche se non nello stesso modo. Infatti, come si evince dai valori di A3 e A4 nella Tabella 2, il Bargellini e il Passannanti concepiscono le esperienze come verifica sperimentale della teoria trattata nel testo (in effetti anche la collocazione delle schede è dopo la trattazione degli argomenti); il Bagatti invece usa le esperienze per introdurre la teoria e il Post Baracchi segue un approccio misto. Per quanto riguarda la seconda categoria (B) i valori riportati nella quarta riga (totale 1 attività) della Tabella 3, indicano che la maggior parte dei te-

sti esaminati (4 su 6) contiene un'elevata percentuale di esperienze (61-86%) che richiedono agli studenti una sola attività: osservazione di fenomeni (B1) o misura di quantità (B2) senza ulteriori elaborazioni o interpretazione dei dati. Se facciamo il confronto tra B1 e B2, risulta che, nella stragrande maggioranza delle espe-

Tabella 3
Risultati dell'analisi del numero di attività richieste agli studenti

Numero di attività	Tipo di attività*	I**	II	III	IV	V	VI
1	B1	24	29	67	52	56	66
	B2	21	0	19	9	9	14
Totale 1 attività		45	29	86	61	65	80
2	B1+B2	7	0	10	4	17	7
	B1+B3	0	0	0	0	0	7
	B1+B4	26	45	5	0	4	0
	B2+B3	2	8	0	22	4	2
	B2+B4	7	11	0	0	0	0
Totale 2 attività		42	64	15	26	25	16
3 attività		7	8	0	13	2	2
4 attività		5	0	0	0	0	0

* L'origine riferimento non è stata trovata.

**I= Bagatti, II=Bargellini, III=Gimigliano, IV= Passannanti, V= Post-Baracchi, VI= Randazzo

Tabella 4
Risultati dell'analisi dei test: item C e D

	C1	C2	D1	D2	D3
Bagatti	5.0	5.0	4.7	4.9	4.8
Bargellini	5.0	4.8	4.9	4.8	5.0
Gimigliano	5.0	4.8	4.6	4.6	4.8
GimiglianoM	5.0	4.6	4.9	4.6	4.5
Passannanti	5.0	5.0	4.9	4.8	5.0
Post-Baracchi	4.8	4.4	4.7	4.6	4.8
Randazzo	5.0	5.0	4.9	4.6	5.0

Tabella 5
Risultati dell'analisi dei test: item E

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Bagatti	100	100	100	100	0	0	0
Bargellini	100	100	0	0	0	0	0
Gimigliano	0	0	0	0	86	100	100
Passannanti	100	0	0	0	75	90	85
Post-Baracchi	0	100	0	0	100	100	100
Randazzo	0	0	0	0	65	100	100

rienze proposte l'unica attività richiesta è l'osservazione di fatti o fenomeni. Questo indica che le esperienze proposte in questi test sono scarsamente articolate; ciò può essere in parte collegato al fatto che tre di questi test presentano poche esperienze e quindi la scelta effettuata dagli autori è limitata in gran parte a quelle più semplici.

Riguardo ai valori numerici ottenuti è da tenere presente che abbiamo collocato in B1 anche le esperienze nelle quali l'elaborazione dei dati non era richiesta agli studenti, ma completamente sviluppata dagli autori. Una conseguenza di questa scelta è che,

per tutti i test, in maniera accentuata per il Passannanti e il Post Baracchi, la percentuale di esperienze che richiedono agli studenti solo l'osservazione di fatti o fenomeni (classificate come B1) è più alta di quella delle esperienze da noi considerate di tipo dimostrativo (A1). In altre parole, queste esperienze non sono solamente di tipo dimostrativo perché i dati vengono elaborati, ma di fatto allo studente è richiesta solo una partecipazione passiva a questa attività svolta dagli autori. D'altra parte l'elabora-

zione svolta dall'autore potrebbe anche corrispondere all'esigenza di "leggere" le esperienze che non possono essere realizzate per la mancanza di un laboratorio.

Una ulteriore osservazione della Tabella 3 mostra che per due test (Bagatti e Bargellini) la percentuale di esperienze puramente osservative (B1) è piuttosto modesta (tra il 24⁵ e il 29 %) mentre è più elevato il numero di esperienze che richiedono più di una attività (B1+B2, B3, B4) con particolare riguardo alla categoria B1+B4 (osservazione e interpretazione dei dati). Tali risultati ben si integrano con l'impostazione generale di questi test caratterizzati da un elevato numero di esperienze (cfr. seconda colonna). Evidentemente questi autori considerano il laboratorio parte integrante dell'apprendimento della disciplina e "luogo" nel quale gli studenti elaborano i risultati della loro attività. Per quanto riguarda la categoria B2 (misurare quantità), per valutare se le misure sono collocate all'interno di un discorso più ampio e articolato relativo alla elaborazione e interpretazione dei dati, i valori ottenuti vanno esaminati in parallelo ai valori ottenuti per (B2 +B3) e (B2 + B4). Da questa analisi risulta che il Bagatti e il Gimigliano presentano un'elevata percentuale (21 e 19% rispettivamente) di esperienze di tipo quantitativo senza che siano richieste ulteriori elaborazioni; mentre però il Bagatti propone anche un 9% di esperienze nelle quali il dato quantitativo è elaborato, per il Gimigliano le misure di quantità sono sempre l'unico obiettivo (i valori di B2+B3 e di B2+B4 sono uguali a zero).

Dai dati relativi al Bargellini risulta invece che questo testo propone sempre esperienze nelle quali la misura di una quantità è accompagnata da una elaborazione e interpretazione dei dati (B2 = 0). Questa impostazione è una caratteristica generale di questo testo, come risulta dai valori di B1+B4: il 45% delle esperienze, pur essendo di tipo qualitativo, implica sempre una rielaborazione e interpretazione di quanto osservato.

Il collegamento quasi esclusivo della elaborazione dei dati agli aspetti quantitativi delle esperienze appare invece una caratteristica del Passannanti come emerge dai dati :

⁵ In effetti il valore risulterebbe ancora più basso se tenessimo conto del fatto che il 40% di queste esperienze è raggruppata nel capitolo iniziale ed ha lo scopo di introdurre le più comuni tecniche di separazione.

$(B2+B3)=22$ contro $B3_{tot}$. Di fatto nessuna esperienza di questo testo richiede agli studenti l'interpretazione dei dati, come risulta dal valore $B4 = 0$ della Tabella 3.

Per valutare la leggibilità delle schede da parte degli studenti, avremmo dovuto utilizzare prove oggettive del tipo di quelle riportate in [8] per i testi scientifici. In mancanza di dati di questo tipo, abbiamo formulato noi stessi un giudizio di leggibilità, in qualità di insegnanti, tenendo conto del fatto che anche quando gli studenti lavorano in laboratorio sono sempre preistruiti dal docente sull'esperienza da svolgere. Questo potrebbe essere all'origine dei risultati ottenuti (categoria C), che danno valori elevati per tutti i testi.

Per la categoria D è risultato che gli esperimenti proposti in larghissima maggioranza sembrano accettabili sia sul piano della coerenza con gli intenti degli autori che su quello della loro realizzabilità. Per quanto riguarda quest'ultimo punto, tutti sanno quanti imprevisti si verifichino in un laboratorio anche con schede apparentemente complete e quindi quanto sia importante eseguire effettivamente gli esperimenti per potere esprimere un giudizio complessivo sulle schede anche quando sembra che le cose debbano andare come descritto (Tabella 5) mostrano per la maggioranza dei testi esaminati una notevole coerenza sia per la parte pedagogica (E1, E2) che per quella più tecnica (E3, E4). Una conferma del carattere poco problematico della presentazione degli esperimenti, che era già emerso dai dati viene dai valori trovati per E5, E6, E7 che mostrano come la maggioranza degli autori preferisca anticipare il più possibile i risultati dell'attività sperimentale e sviluppare in maniera univoca ogni possibile interpretazione dei dati: infatti confrontando i dati della Tabella 3 con quelli della Tabella 5 risulta che soltanto il Bagatti e il Bargellini sono impostati in modo che sia lo studente a svolgere l'attività indicata ($E5, E6, E7 = 0$); negli altri casi, l'elevato valore delle colonne E5, E6, E7 indica che l'attività è guidata e i dati delle colonne Bi indicano soltan-

to la tipologia delle attività svolte dagli autori.

UNA SCHEDA MESSA ALLA PROVA

Per non limitarci ad un'analisi delle schede basata essenzialmente sulla parte scritta, abbiamo deciso di realizzare uno degli esperimenti descritti in uno dei testi esaminati.

E' stata scelta un'esperienza sull'osmosi che sembrava facile da realizzare e quindi proponibile anche in quelle situazioni scolastiche nelle quali il laboratorio è assente o non è ben attrezzato. La scheda è riportata nel riquadro (fig.1).

Questo esperimento era stato da noi classificato nella categoria A3 ("di supporto della teoria") e B1 ("richiede agli studenti esclusivamente l'osservazione di fenomeni") in quanto nelle pagine precedenti era stata illustrata sia la fenomenologia che la trattazione teorica dell'osmosi. Nell'esaminare quanto riportato nella scheda ci siamo posti nella prospettiva di analizzare criticamente le conclusioni presentate ponendo due domande del tutto generali: ci possono essere altre cause del fenomeno osservato? Quali assunzioni implicite sono state fatte nell'interpretazione dei dati?

Nel caso in questione l'innalzamento del livello dell'acqua all'interno della carota è spiegato come conseguenza della differenza di pressione osmotica

tra i due liquidi. Questo presuppone che nei tempi indicati per l'esperimento solo il solvente e non il glucosio possa attraversare le pareti della carota. Non viene considerato il fatto che, se le pareti fossero attraversate sia dal solvente che dal soluto, si potrebbe comunque osservare una variazione dei livelli a causa della diversa velocità di diffusione delle due specie. Nel caso in cui l'acqua entri più velocemente di quanto esca il glucosio, si osserverebbe un innalzamento di livello; nel caso opposto un abbassamento. Questo sarebbe un fenomeno transiente e non di equilibrio come nel caso dell'osmosi.

Per verificare questa ipotesi anche sul piano sperimentale abbiamo realizzato un esperimento con membrane da dialisi in condizioni uguali a quelle riportate⁶. In effetti, abbiamo osservato un flusso di glucosio dall'interno all'esterno accompagnato da un vistoso innalzamento di livello della soluzione interna.

Un'altra assunzione implicita nell'interpretazione fornita nella scheda è che le pareti della carota non cedano o assorbano acqua o soluzione. In un esperimento realizzato su una carota non immersa in acqua, ma mantenuta all'aria è stato osservato l'innalzamento della soluzione interna. In questo caso evidentemente, la soluzione concentrata ha richiamato un flusso di acqua dalla carota stessa. Questo prova che non è

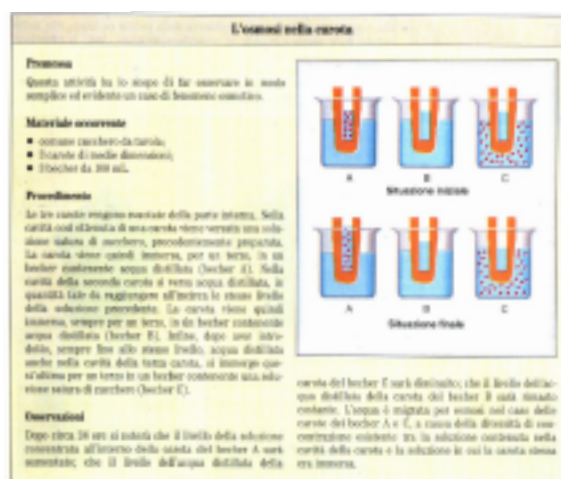


Figura 1. da F. Randazzo e altri, *Invito alla chimica*, Marietti 1991, pag. 314

⁶ L'assetto sperimentale consisteva in un sacchetto ottenuto da un tubo da dialisi (opportunitamente condizionato in acqua) annodato a un'estremità e una pipetta da 10 ml. Il sacchetto è stato fissato alla punta della pipetta mediante un elastico molto stretto e poi arrotolato su se stesso per far uscire l'aria. Mediante un contagocce sfinato la soluzione di glucosio è stata introdotta nella pipetta in modo da riempire il sacchetto senza introdurre aria e arrivare a un certo livello. Il sacchetto è stato lavato all'esterno con acqua distillata e immerso in un cilindro contenente acqua in modo che il livello interno ed esterno coincidessero. Dopo pochi minuti si è osservato un flusso continuo di glucosio verso l'esterno e un concomitante innalzamento di livello della soluzione interna, fino al completo riempimento della pipetta nel giro di qualche decina di minuti. Il flusso di glucosio è stato individuato dalle variazioni locali di densità nell'acqua esterna.

necessario assumere che l'acqua provenga dall'esterno attraversando le pareti della carota per osservare quanto riportato.

Abbiamo inoltre verificato che le condizioni specifiche dell'esperimento sono inadeguate rispetto al fenomeno da osservare e seguendo le istruzioni riportate nella scheda non si riescono a riprodurre i risultati descritti. In effetti non si tiene conto delle numerose variabili dalle quali possono dipendere i risultati dell'esperimento: la diversità della superficie interna ed esterna della carota (solo all'interno la carota è tagliata), la diversità nel livello iniziale dei due liquidi (più alto all'interno), l'evaporazione dell'acqua tramite la carota (il recipiente non è coperto).

Quest'ultima variabile si è rivelata significativa tanto che nella prova in bianco (acqua all'interno e all'esterno) il livello interno rimane costante solo se il becher viene coperto per evitare l'evaporazione; eseguendo l'esperimento nelle condizioni riportate nella scheda si osserva invece una diminuzione del livello fino a completo svuotamento. In questa situazione evidentemente prevale l'evaporazione dell'acqua introdotta all'interno tramite le pareti della carota esposte all'aria.

In sintesi, l'esperimento riportato è molto meno semplice di quanto sembri e le diverse variabili dalle quali dipende il risultato finale sono intrecciate tra loro in maniera abbastanza complicata. Solamente l'individuazione delle variabili in gioco e il loro controllo sperimentale permette di capire che forse l'esperimento non è proponibile e chiarisce i vantaggi di lavorare su sistemi modello come le membrane sintetiche.

La realizzazione di questo esperimento ha messo in luce i limiti di attività nelle quali l'obiettivo sia la verifica di una teoria. Il riferimento alla teoria è come se interponesse un filtro tra i risultati dell'esperimento e le interpretazioni che ne possono essere date, selezionando solo quelle in accordo con le previsioni. Di fatto viene meno quella componente di analisi critica dei dati che dovrebbe caratterizzare un'attività di verifica intesa non nel senso di constatazione di un fenomeno, ma di controllo di coerenza tra quanto osservato e la spiegazione fornita. Inoltre l'atteggiamento di subordinazione e di delega alla teoria nel quale inevitabilmente ci si pone

in una attività di conferma, porta a diminuire l'attenzione verso le condizioni dell'esperimento. In un certo senso queste non si trovano più in un rapporto di causa-effetto con i risultati osservati ma diventano una condizione accessoria, descrittiva dell'esperienza.

Questo tipo di analisi critica di un esperimento può offrire interessanti spunti didattici ad un insegnante che voglia proporre questo tipo di attività agli studenti; i vantaggi offerti dal mettere in opera le capacità critiche degli allievi sono senz'altro superiori al momentaneo disorientamento che può derivare da una messa in discussione del proprio testo scolastico.

Negli esperimenti "sbagliati" si attua una connessione tra l'esperimento e la teoria anziché allargare ad altre teorie che possano essere connesse con l'esperimento presentato. Il punto invece è capire bene il collegamento tra un esperimento e una teoria. Nei casi nei quali si esaminano correlazioni con altre teorie deve essere sempre prevista un'attività sperimentale deducibile dalla teoria alternativa che confermi la connessione ipotizzata.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti per le categorie A, B ed E della griglia hanno messo in evidenza due diversi tipi di testi: il primo rappresentato dal Bagatti e dal Bargellini caratterizzato dalla presenza di un maggior numero di schede sperimentali nelle quali allo studente è richiesta più di un'attività e sempre l'elaborazione e l'interpretazione dei dati, sia pur guidata dall'autore, con domande di verifica finali. Il secondo tipo, al quale appartengono gli altri testi esaminati è caratterizzato da esperienze più semplici e meno articolate in cui l'attività più richiesta è l'osservazione di fatti o fenomeni e l'interpretazione è sempre fornita dagli autori.

I risultati ottenuti ci permettono inoltre di esprimere una valutazione della griglia che abbiamo utilizzato per l'analisi delle schede. E' ben noto infatti quanto sia problematica la scelta degli indicatori più adatti ai fini di qualsiasi tipo di valutazione⁷ e quanto sia difficile misurare la qualità. Se consideriamo valido uno strumento di analisi quando riesce a far emergere differenze sul piano quantitativo,

possiamo dire che la griglia ha funzionato bene per le categorie A, B ed E. Per quanto riguarda invece le categorie C e D, gli indicatori utilizzati non hanno messo in evidenza significative differenze riguardo alla realizzabilità delle esperienze e alla leggibilità delle schede. Per la leggibilità ciò è dovuto, come abbiamo già detto, al fatto di aver preso come riferimento un lettore insegnante. Per la realizzabilità, invece, gli elevati valori riscontrati, sono più apparenti che reali nel senso che le istruzioni riportate nelle schede sono convincenti e sembra che non ci siano particolari problemi nella loro esecuzione, ma se si realizzano effettivamente quegli esperimenti nel modo indicato, emergono una serie di problemi come nel caso esaminato in dettaglio per la scheda dell'osmosi. Perché, allora, riportare falsi esperimenti anziché lavorare sui dati della letteratura? Non sarebbe più formativa un'attività di confronto e discussione del tipo di quella proposta da Hodson in [8]?

Siamo convinti che sia necessario fornire agli studenti alcuni strumenti di analisi critica sul modo di procedere della scienza; pensiamo che gli esperimenti possano contribuire, con la loro problematicità, a questo obiettivo. Gli esperimenti che abbiamo analizzato non ci sembra che possano essere utilizzati per questo; dai dati riportati nella (colonna A3) appare infatti evidente che la maggioranza dei testi esaminati collega il momento "applicativo" (il laboratorio) a quello "cognitivo" (lo sviluppo dei concetti) in maniera univoca. Il ruolo degli esperimenti è di "verificare" la teoria anziché esaminarne il campo di validità. Inoltre la scelta degli esperimenti è orientata ai casi più semplici e sicuri e lo schema seguito nella raccolta dei dati (cosa misurare) e nella loro interpretazione si ripete quasi nello stesso modo da un testo ad un altro. La maggioranza delle attività di "verifica" sono così rigidamente strutturate e fanno tante assunzioni implicite da fornire un'idea fuorviante del modo di operare di una disciplina scientifica. Mancano quasi sempre gli aspetti che potremmo definire "metacognitivi" dell'attività di laboratorio, come ad esempio se lo studente è consapevole delle ragioni per le quali si opera secondo la procedu-

⁷ Basti pensare all'attenzione posta nei rapporti OCSE [14] alla esplicitazione dei criteri che hanno portato alla scelta di un indicatore piuttosto che un altro.

ra indicata, se utilizza le nozioni o i termini acquisiti precedentemente nel contesto dell'esperimento, se sa esprimere quanto osservato mediante proposizioni corrette, se ha capito quali sono i parametri da cui dipende il risultato dell'esperimento.

Per avere un'idea più significativa dell'influenza di un'attività sperimentale sull'apprendimento dei concetti scientifici avremmo dovuto esaminare il modo nel quale gli insegnanti utilizzano gli esperimenti riportati nelle schede e che tipo di conoscenze acquisiscono gli studenti nelle varie situazioni. Il tipo di testo utilizzato è una componente essenziale del processo di insegnamento/ apprendimento e pertanto un'analisi che metta in luce in maniera il più possibile esplicita l'atteggiamento dei diversi autori nei riguardi degli esperimenti è preliminare a qualsiasi valutazione dei processi di apprendimento. I risultati ottenuti in questo studio sono da considerarsi un contributo in questa direzione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rutherford, F. J., Ahlgren, A. *Science for All Americans* Oxford University Press, 1990
[2] American Association for the

Advancement of Science *Benchmarks for Science Literacy* Oxford University Press, 1993

- [3] Millar, R., Osborne, J., Edrs, *Beyond 2000: Science education for the future*, King's College London, School of Education, London, 1998
[4] *National Science Education Standards*, National Academy Press, 1995
[5] *Esami delle politiche nazionali dell'istruzione: Italia*, OCSE e Armando Editore, 1998
[6] vedi ad es. *I contenuti essenziali per la formazione di base*, Marzo 1998 in ref.[5]
[7] Hodson, D., A critical look at practical work in school science, *School Science Review*, **70**, 33-40, 1990
[8] Hodson, D., Bencze L., Becoming critical about practical work: changing views and changing practice through action research, *Int. J. Sci. Educ.*, **20**, 683-694, 1998
[9] Gott, R., Duggan, S., Practical work: its role in the understanding of evidence in Science, *Int. J. Sci. Educ.*, **18**, 791-805, 1996
[10] White, R.T., The link between the laboratory and learning, *Int. J. Sci. Educ.*, **18**, 761-773, 1996
[11] Nott, M., Wellington, J., When

the black box springs open: practical work in schools and the nature of science, *Int. J. Sci. Educ.*, **18**, 807-818, 1996

- [12] Tamir, P., Pilar-Garcia M., Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain), *Int. J. Sci. Educ.*, **14**, 381-392, 1992.
[13] Borsese, A., Fiorentini C., Roletto, E., Formule sulla leggibilità e comprensione del testo, *Scuola e Città*, 524-527, 1996
[14] OECD, Measuring the quality of schools, 1995

APPENDICE

I testi esaminati

1. Bagatti F., Corradi E., Desco A., Ropa C. "Chimica" Zanichelli 1996
2. Bargellini A., "Il mondo della Chimica" Signorelli 1996
3. Gimigliano "Chimica" Giunti Marzocco 1991
4. Passannanti S., Ponente S., "Principi di Chimica" Tramontana 1994
5. Post Baracchi A., Tagliabue A. "Chimica" Lattes 1996
6. Randazzo F. "Invito alla Chimica" Marietti 1991
7. Rippa M. "La Chimica" Bovolenta 1992

IL LABORATORIO DI DIDATTICA...

E LA DIDATTICA DEL LABORATORIO

L'ESPERIENZA DELL'INDIRIZZO DI SCIENZE NATURALI DELLA SEDE DI FIRENZE DELLA SSIS TOSCANA

Si è concluso il primo biennio delle Scuole di Specializzazione all'Insegnamento Secondario (SSIS) e, mentre abbiamo recentemente tentato un primo bilancio complessivo dell'esperienza dal punto di vista dell'Indirizzo di Scienze Naturali della sede fiorentina [1] della SSIS della Toscana, vogliamo affrontare qui la natura e le caratteristiche del Laboratorio di Didattica che abbiamo progettato e realizzato, in stretta connessione con il tirocinio didattico nelle scuole.

Il laboratorio di didattica costituisce una delle Aree in cui si articola la SSIS (Area 3); le altre Aree sono quella trasversale, comune a tutti gli indirizzi, della formazione per la funzione docente (Area 1), l'Area dei contenuti formativi degli indirizzi (Area 2) e il Tirocinio didattico nelle scuole (Area 4). A nostro avviso l'Area 3, del Laboratorio di Didattica, riveste un'importanza strategica particolare nella formazione dei nuovi docenti (Fig.1).

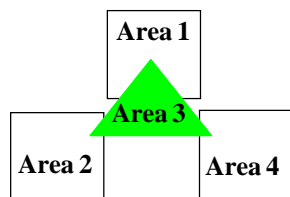


Fig. 1 La stretta correlazione tra Laboratorio di Didattica e le altre Aree Formative

Le idee circa questa Area e le modalità con le quali è stato realizzato il Laboratorio di Didattica, variano sia al variare degli Indirizzi in cui si articola la scuola (Linguistico-letterario, Fisico-Matematico-Informatico, ecc.) sia al variare delle SSIS. Di seguito riportiamo alcune riflessioni sul senso che l'Area 3 può avere, sul ruolo formativo che può svolgere, e sulle sue possibili articolazioni. Faremo ciò

FABIO OLMI (*)
SANDRA GAVAZZI (*)

con riferimento all'Indirizzo di Scienze Naturali della sede fiorentina della SSIS Toscana, sulla scorta dell'esperienza maturata nella progettazione e nello sviluppo del corso tenuto durante il primo biennio.

Le diverse concezioni del Laboratorio di Didattica

Il "Laboratorio di Didattica" viene spesso concepito come un'appendice del corso di Didattica disciplinare (Area 2), momento puramente *esercitativo-applicativo* della parte "teorica" precedentemente sviluppata. In realtà, pur senza negare la funzione di questo tipo che può svolgere (funzione che nell'ambito degli indirizzi scientifici è tutt'altro che scontata e spesso ...tutta da costruire!), possiede un carattere di *autonomo strumento di formazione* della docenza con *specifici ambiti operativi*. Qui intendiamo soffermarci, in particolare, su quegli aspetti che assumono un interesse generale o, comunque, possono servire come momento di scambio e riflessione su tematiche oggi divenute importanti anche per il nostro Paese.

Il Laboratorio di Didattica è stato definito [...] "*lo spazio in cui lo specializzando, impegnato in modo attivo e autonomo (seppure guidato) a confrontarsi con i diversi problemi relativi ai futuri compiti professionali, in stretta connessione con il quadro di conoscenze teoriche fornite dai relativi corsi di didattica, viene messo in grado di acquisire ed esercitare in "ambiente protetto" le competenze integrate proprie della professionalità docente...*" [2]. A nostro avviso il Laboratorio *dovrebbe*

fondarsi e legarsi, in primo luogo, con la ricerca didattica, sia come riferimento costante nella progettazione del suo impianto, sia come elemento rivolto agli specializzandi e caratterizzato da un ricorrente stimolo al reperimento e all'analisi di documentazione relativa alla ricerca didattica nei diversi settori di interesse: in effetti, queste sono state le coordinate di fondo alle quali ci siamo attenuti nella progettazione e nello sviluppo del nostro Laboratorio.

L'attività è stata caratterizzata dall'analisi, dalla progettazione e dalla simulazione di attività didattiche di varia natura, dalla riflessione critica sugli strumenti propri dell'insegnamento (programmi, libri di testo, sussidi didattici, strumenti informatici, ecc.) e sul loro impiego simulato, dalla messa a punto di progetti di moduli, U.D., sistemi di verifica e valutazione di processo e di prodotto, ecc..

Quanto abbiamo detto sopra, può essere riferito al Laboratorio di Didattica di qualsiasi ambito disciplinare. Tuttavia per l'Indirizzo di Scienze Naturali e, in generale, per l'ambito delle scienze sperimentali, il Laboratorio inteso come attività sperimentale intenzionale rivolta all'indagine del mondo della materia e/o dei viventi, è parte integrante dello statuto epistemologico disciplinare e richiede, pertanto, un suo specifico spazio e una sua specifica didattica. Esperienze ed esperimenti si intrecciano al proprio interno con gli aspetti teorici (ricognizione del problema, formulazione di ipotesi, analisi e separazioni di variabili in gioco, concettualizzazione, ecc.) e necessitano di specifica attenzione come pure le metodologie di approccio alle problematiche scientifiche. Anche questi aspetti devono entrare nella formazione degli insegnanti di Scienze trovando una precisa collocazione all'interno dell'attività generale del Laboratorio di Didattica. Sono

riferibili a questo ambito il tentativo di rispondere a domande come: *Fissato il livello scolare di riferimento e accertata la "insegnabilità" del concetto in questione* (ricerca didattica), *come è possibile affrontarlo anche dal punto di vista sperimentale? Siamo in grado di farlo?* (es.: con riferimento all'inizio di un triennio di indirizzo, è possibile proporre all'apprendimento la misura della carica di un singolo ione metallico? Come? - Come affrontare a livello di biennio l'osmosi attraverso la membrana cellulare? ecc.).

Nel mettere a punto il progetto di Laboratorio dell'Indirizzo di Scienze naturali, ci è apparso immediatamente evidente che dovevamo articolarlo in due distinti settori: quello del "Laboratorio di didattica delle Scienze" e quello della "Didattica del Laboratorio di Scienze". Il termine *didattica laboratoriale* evoca il modo di procedere, in un gruppo di persone - con un sistema di stimoli proposti da un conduttore, utilizzando una documentazione diretta in molteplici direzioni e i mezzi più diversi - di una discussione comune circa l'oggetto proposto, diretta verso un'acquisizione collaborativa e condivisa che costituisce il coronamento e il prodotto finale concreto. Questo aspetto, conservato nel Laboratorio di Didattica (LdD), è integrato dalla simulazione di alcune possibili attività. I momenti in cui "S'immagina di...", "si suppone che...", e l'attività in "vitro" prima del "bagno dell'esperienza" diretta rappresentato dal tirocinio, si sono rivelati essenziali alla formazione docente.

La formazione dell'insegnante di Scienze sperimentali necessita, come abbiamo precedentemente accennato, di un altro aspetto del "Laboratorio": quello della riflessione sul ruolo e sulle diverse modalità di affrontare la parte sperimentale (esperienze e esperimenti) che, connessa indissolubilmente all'insegnamento delle Scienze ad ogni livello scolare, si intreccia con l'acquisizione dei concetti-chiave delle discipline (contesto teorico) e, infine, di come questi aspetti si legano strettamente alle modalità di proporli all'apprendimento e come in concreto si possono realizzare. Abbiamo raccolto questi specifici aspetti del Laboratorio nella "Didattica del Laboratorio di Scienze" (DdL).

Oltre alla questione di *cosa* il Labora-

torio possa rappresentare si pone poi quella del *come* esso possa essere concretamente realizzato. Rimanendo nell'ambito dell'Indirizzo di Scienze Naturali, il modo in cui è stato concepito e realizzato il Laboratorio oscilla tra due tipologie antitetiche: quella che lo ha considerato *luogo di pura istruzione- esercitazione pratica di laboratorio* (sono state proposte agli specializzandi una serie di esperienze da eseguire in laboratorio senza destinare spazio all'ambito specifico del Laboratorio di Didattica) e l'altra che ha tentato di coniugare insieme i due aspetti, *l'LdD* e la *DdL*, con varie accentuazioni ed equilibri interni.

Articolazione e caratteristiche del Progetto Laboratorio

Fissati gli obiettivi, abbiamo coordinato le *attività* che intendevamo affrontare nel Laboratorio con quanto sviluppato nell'Area trasversale, nell'Area della Didattica disciplinare e, soprattutto, col Tirocinio. In questo modo, e avendo presenti i programmi e le prove d'esame dei concorsi a cattedre per le classi di concorso A059 (Scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali) e A060 (Scienze naturali, chimica, geografia e microbiologia), entrambe attivate presso la SSIS Toscana, abbiamo individuato 10 macrotematiche ritenute essenziali:

1. Lettura e analisi critica dei programmi ministeriali di Scienze e degli altri programmi sperimentali più diffusi sia a livello di scuola di base che secondaria superiore (Indicazioni curriculari della Riforma dei Cicli, programmi

Brocca, ecc.)

2. Analisi critica di libri di testo (per A059 e A060) e simulazione del loro impiego sulla base di obiettivi dati

3. Acquisizione di documentazione sulla ricerca didattica, ricercazione (utilizzo di banche dati, rete, ecc.), analisi e simulazione d'uso

4. Analisi critica e produzione di materiali e strumenti didattici compreso quelli destinati alla verifica e alla valutazione dell'insegnamento/apprendimento delle Scienze con simulazione di "correzione" di prove di verifica

5. Progettazione completa di segmenti curriculari (Moduli e Unità Didattiche) per A059 e A060

6. Analisi delle risorse per l'insegnamento e l'apprendimento delle Scienze e loro impiego per A059 e A060

7. Coprogettazione e simulazione delle attività connesse alla fase attiva del Tirocinio per A059 e A060

8. Organizzazione e funzionamento dei laboratori scolastici di Biologia e Chimica con particolare attenzione ai problemi della sicurezza

9. Progettazione e realizzazione di attività ed esercitazioni di laboratorio in particolare di Microbiologia e Chimica per l' A060 e di Scienze integrate per l'A059

10. Utilizzo delle nuove tecnologie nel campo dell'insegnamento delle discipline contenute nelle classi di concorso A059 e A060.

Di seguito riportiamo, come esempio, alcune delle tematiche dell' Area 1 prese in esame per la progettazione delle attività del primo e del secondo anno (Tab. 1).

Tab.1. Tematiche "intersecate" dal LdD tratte dai programmi dell' Area (A.A. 2000/2001)

Area 1					
	Pedagogia Generale	Didattica Generale	Psicologia	Sociologia Antropologia	Legislazione
I a n n o	Piaget e Bruner; Nuove tendenze: Olson e Gardner; Le dinamiche del gruppo classe	Scuola d'élite e scuola di massa; Teorie curriculari; Principali tipi di programmi e di programmazione; Costruttivismo e progettazione didattica; Didattica orientativa; L'orientamento nella scuola dell'autonomia	Stili cognitivi; Metacognizione e apprendimento; Linguaggio e pensiero;	Il processo formativo come cambiamento; Discutendo s' impara; Valutazione e autovalutazione del processo d'apprendimento; La comunicazione per immagini e i linguaggi multimediali	Spazi e confini dell'autonomia scolastica; Educazione alla salute: aspetti introduttivi
II a n n o	La formazione come processo integrato; Disagio sociale, abbandono e dispersione scolastica	Teorie e modelli di valutazione dei risultati I momenti della valutazione; Le nuove forme di valutazione; Tecnica, tecnologia, educazione Tecnologia dell'Istruzione Tecnologia degli ambienti formativi	Processi di categorizzazione e comportamento di gruppo; Cambiamento degli atteggiamenti e comportamento sociale; Competenze sociali e comunicazione interpersonale	Processi e metodologie di valutazione; Il valore educativo dell'autovalutazione; La valenza educativa dell'autobiografia	Presupposti critici: i movimenti pedagogici alternativi; Autonomia scolastica e nuova professionalità docente; La legge di riforma dei cicli scolastici (L.30/2000)

Le macrotematiche sono state successivamente strutturate in Moduli (M) e ripartite nei due anni del corso (Tab. 2, 3)

La SSIS della Toscana ha iniziato le sue attività il 1 marzo 2000 e il ritardato avvio non ha permesso lo sviluppo dell'intero progetto. Sono stati operati, quindi, tagli abbastanza vistosi nella parte di DdL.

Tab. 2 Articolazione dei Moduli del Progetto Laboratorio per il primo anno ¹

Laboratorio di didattica (LdD)		Didattica del laboratorio (DdL)	
M1 (UD 1,2)	Come fare ricerca didattica	L1	La sicurezza nel Laboratorio di chimica
M2 (UD 3,4,5,6)	Alla ricerca dei nuclei fondanti delle discipline (AO59 e AO60)	L2,3,4	La chimica del macroscopico e del fenomenologico – trasformazioni, elementi e composti (AO59 e AO60)
M3 (UD 7, 8, 9, 10)	La programmazione e la progettazione curricolare all'interno del quadro istituzionale	L5,6	La chimica dal macroscopico al microscopico – Molecole e atomi (AO60)
M4 (UD 11,12)	Testi, sussidi didattici, nuove tecnologie: quando e come usarli	L7,8	Equilibrio – Acidi e basi (AO59 e AO60)
M5 (UD 13, 14, 15,16)	Gli elementi della progettazione dei percorsi d'apprendimento attraverso la riflessione sulla fase osservativa del Tirocinio	L9,10	Equilibrio – Redox, pile ed elettrolisi (AO60)
Totale ore 80		Totale ore 50	

Le ore complessive dell'Area 3 (LdD e DdL) sono 130. Nel caso che gli specializzandi richiedano entrambe le classi di concorso (AO59 e AO60) il monte ore offerto subisce un incremento di circa il 30% e, alle attività precedenti, si aggiungono (da Programma e prove d'esame – D.M. 357 del 11/08/98 – Classe di concorso AO60) :

L11, 12 Preparazione di esercitazioni di ecologia applicata e biotecnologia
L13, 14 Preparazione di esercitazione sul riconoscimento di minerali e rocce, lettura e interpretazione di carte geografiche e tematiche

Tab. 3 Articolazione dei Moduli del Progetto Laboratorio per il secondo anno ¹

Laboratorio di didattica (LdD)		Didattica del laboratorio (DdL)	
M1 (UD 1,2,3)	Tirocinio attivo: coprogettazione di percorsi formativi nei vari ordini di scuola (AO59 – AO60)	L1	Applicazioni delle Buone Prassi nel Laboratorio di Biologia e Microbiologia e D.L.626/94
M2 (UD 4)	Dalle competenze agli obiettivi e all'articolazione degli itinerari didattici: la strutturazione di moduli didattici	L2,3	Fasi analitiche (campionamento, trasporto, omogeneizzazione, tecniche di semina).
M3 (UD 5,6)	Strumenti di verifica: le diverse tipologie, il loro impiego e la loro progettazione	L4,5	Terreni di coltura per le analisi alimentari
M4 (UD 7)	La valutazione delle competenze	L6,7	Ricerca ed identificazione della flora batterica in un campione alimentare
M5 (UD 8)	La diversificazione dei percorsi formativi: il recupero e l'approfondimento	L8	Preparazione di esercitazioni di biologia
M6 (UD 9,10)	Tirocinio attivo: analisi e valutazione dei segmenti curriculari esperiti	L9,10	L'acqua e le sue proprietà: un esempio di didattica multidisciplinare
M7 (UD 11,12,13,14)	Ricerca e progettazione finalizzata all'Esame di Stato	L11, 12	La chimica del microscopico: teorie atomiche, legami chimici e geometria molecolare
		L13, 14	La periodicità degli elementi e alcune proprietà periodiche
Totale ore 70		Totale ore 70	

La somma delle ore di LdD e DdL è 140. Anche in questo caso, per gli specializzandi che richiedono entrambe le classi di concorso (AO59 e AO60), il monte ore offerto viene incrementato del 30% ampliando le attività di:

M1 Tirocinio attivo: progettazione di percorsi formativi nei vari ordini di scuola,
M6 Tirocinio attivo: analisi e valutazione dei segmenti curriculari esperiti.

Concludendo è nel Laboratorio di Didattica che avviene la *personalizzazione degli itinerari di formazione dei futuri docenti*, secondo le seguenti linee di sviluppo:

A. Ricerca didattica nell'ambito delle discipline scientifiche approfondendo gli aspetti teorici

- della insegnabilità dei concetti
- delle metodologie scientifiche e didattiche
- storico-epistemologici;

B. Progettazione di percorsi formativi personalizzati e completi attraverso

- diagnosi delle competenze possedute
- analisi delle tematiche da affrontare
- definizione delle metodologie da utilizzare,

in un sistema di lavoro multidisciplinare e trasversale;

C. Simulazione

In questo caso per simulazione s'intende *l'atto di progettare, effettuare e validare qualcosa prima della realizzazione concreta nella scuola*. Quindi si tratta di simulazione di

- progettazione d'attività di laboratorio, d'attività pluridisciplinari, ecc.,
- "lezioni",
- costruzione di prove di verifica, correzione e attribuzione di punteggi e loro trasformazione in voti,
- valutazione,
- scelta di libri di testo e di materiali per l'attività didattica,
- attività didattiche con l'utilizzo delle nuove tecnologie;

D. Informazione su varie tematiche quali *potenzialità, risorse, approcci alternativi, ecc. relativi ai più diversi soggetti*

Caratteristiche dell'attività di DdL e LdD

L'argomento oggetto del Laboratorio è stato sempre introdotto brevemente e presentato in forma grafica utilizzando trasparenti per lavagna luminosa e fotocopie riepilogative della proposta, allo scopo di migliorare la comunicazione ed evidenziare con-

¹ Per la classe di concorso AO59 alle ore di Laboratorio di Didattica per le scienze Naturali si aggiungono quelle del Laboratorio di Didattica di Matematica e Fisica.

cetti e relazioni. In genere le attività partivano stimulate da un quesito/problema – es.: *letti i programmi Brocca, quali argomenti privilegiare nella programmazione in una seconda classe di liceo? E in una seconda di istituto professionale?* oppure – *con quali criteri scegliere il libro di testo?* - e ancora – *quali concetti ritenete siano “fondanti” per la Biologia? E per la Chimica?* Alle risposte seguivano domande sempre più mirate, “guidate” e “sollecitate” da protocolli, - con il compito di incoraggiare la partecipazione, favorire l’assunzione di un ruolo attivo nei confronti dei problemi posti, valorizzare le capacità progettuali presenti - o poste dagli stessi specializzandi. La definizione del problema vero e proprio risultava, però, l’ultimo stadio di un percorso di lavoro che progressivamente e attraverso comprensioni successive, lo contestualizzava. *Gli ambienti d’apprendimento, arricchiti dalle considerazioni proposte, si trasformavano quindi in strumenti dinamici per percorsi di ricerca.* I protocolli che sono stati utilizzati per gli specializzandi contenevano:

- ✓ gli obiettivi dell’attività,
 - ✓ brani d’autori vari sull’argomento oggetto del laboratorio o indicazioni schematiche circa la tematica da affrontare
 - ✓ scalette per svolgere attività e/o attività da scegliere, elaborare, collocare, progettare in situazione d’aula, avendo individuato la tipologia degli allievi (es. della terza istituto tecnico, della prima liceo scientifico, della scuola media inferiore, ecc.) ai quali erano rivolte. Nelle Tabelle che seguono (Tab. 4, 5 e 6) sono riportati alcuni esempi di queste “schede-stimolo” che abbiamo utilizzato.
- Nel corso dei due anni di scuola di specializzazione, la produttività del gruppo e la qualità degli interventi realizzati, sono progressivamente aumentate permettendo ai futuri docenti di sperimentare l’approccio “trasformativo” rispetto al “modello mimetico”¹, superando le prestazioni convenzionali e rituali dell’attività docente tradizionale.
- Di seguito riportiamo un esempio dello sviluppo dell’attività laboratoriale realizzata riferito al primo anno.

Tabella 4

SSIS della Toscana
Sede di Firenze
Indirizzo Scienze Naturali
Area 3 - Didattica del laboratorio (Chimica)

**LA CHIMICA DEL MACROSCOPICO E DEL FENOMENOLOGICO:
TRASFORMAZIONI CHIMICHE, ELEMENTI E COMPOSTI**

Obiettivi:

1. *compiere un breve inquadramento storico epistemologico della Chimica di fine ‘700 e dei primi anni dell’ ‘800;*
2. *presentare e discutere i risultati della ricerca didattica relativa ai livelli scolari in cui è opportuno affrontare i concetti in esame*
3. *eseguire in laboratorio (lavorando per gruppi) alcune esperienze-chiave sulla base di input problematici iniziali*
4. *discutere i dati ottenuti e affrontare i problemi relativi alla conseguente concettualizzazione*

La chimica diventa una scienza quantitativa

- # *Quale inquadramento storico-epistemologico per la chimica da Lavoisier (lavori dal 1764 al 1794) a Proust (lavoro fino al 1808)?*
- # *A quale livello scolare è opportuno proporre all’apprendimento il concetto di trasformazione chimica (reazione)? Con quali modalità?*

IN LABORATORIO

a) lavoro di gruppo

- ✓ *indagine sulle trasformazioni chimiche delle sostanze - Che cos’è una trasformazione chimica ? Reazioni “a secco”, reazioni tra soluzioni. Un criterio di distinzione elementare - La legge della conservazione della massa (1789)*
- ✓ *elementi e composti – reazioni di analisi : la decomposizione dell’acqua (dall’esperienza di Lavoisier a quella dell’elettrolisi)*
- ✓ *elementi e composti – reazioni di sintesi : la “calcinazione” del rame (sintesi dell’ossido di rame)*

b) discussione collettiva

- ✓ *come interpretare i “fatti”?; cosa rappresentano le leggi ? verso i modelli e le teorie (Nota bibliografica; ricerca on line)*

Tabella 5

SSIS Toscana
Sede di Firenze
Indirizzo Scienze Naturali
Area 3 - Laboratorio di Didattica

SIMULAZIONE DI “CORREZIONE” DI PROVA DI VERIFICA

Obiettivi:

1. *fornito un insieme di quesiti per una prova di verifica, predispone la griglia di “correzione” completa del punteggio da attribuire ai singoli quesiti*
2. *“corregge” le prove fatte dagli allievi della classe in esame, utilizzando la griglia predisposta e assegnando il punteggio grezzo*
3. *spiega il “metodo della retta” per passare dai punteggi grezzi ai giudizi e/o voti da assegnare*

Una verifica scritta rappresenta un prodotto dell’apprendimento relativo ad un certo segmento del curriculum preso in esame. Immaginiamo di “correggere” una verifica semistrutturata a carattere sommativo (che si debba perciò concludere con un voto), facendo riferimento ad una griglia preparata in precedenza dove ad ogni quesito o problema è stato assegnato un certo punteggio grezzo.

Una volta corretti gli elaborati della prova:

- a. *assegnare ad ogni allievo un punteggio grezzo complessivo pari alla somma dei punteggi grezzi riportati in ogni singolo quesito.*
- b. *costruire la retta di passaggio punteggio/voto secondo i criteri presentati (razionali ma non oggettivi)*
- c. *trasformare per lettura diretta i punteggi in voti sulla cartellina-inserito contenente i compiti*
- d. *formulare un breve giudizio sintetico (trascriverlo solo dopo la consegna di ogni elaborato agli allievi -educazione alla autovalutazione e la relativa discussione in classe)*

¹ ...educazione “mimetica”, l’insegnante dà una dimostrazione della prestazione o del comportamento desiderati e lo studente li riproduce nel modo più fedele possibile. [...] L’orientamento educativo opposto è stato indicato come approccio “trasformativo”: qui l’insegnante, anziché presentare il comportamento desiderato, funge da allenatore o da facilitatore che cerca di evocare negli studenti certe qualità e certe visioni [3].

Tabella 6

SSIS della Toscana Sede di Firenze Indirizzo Scienze Naturali Area 3 – Laboratorio di Didattica
ANALISI CRITICA DEI PROGRAMMI B) I PROGRAMMI BROCCA DI BIOLOGIA DEL BIENNIO
Allegati: copia dei programmi Brocca di Biologia per il biennio (1991).
1. Lavoro di gruppo Indicazioni sulle attività
a. Individuare, tra i diversi contenuti proposti quelli ritenuti irrinunciabili, quelli eventualmente non adatti ad essere sviluppati al biennio, quelli da affrontare come opzionali e quelli, eventualmente, mancanti; b. esprimere un parere motivato sulle indicazioni metodologiche dei programmi; c. esprimere un parere sulla presenza o meno di indicazioni metodologiche nei programmi d. indicare quale funzione svolge, secondo questi programmi, l'attività sperimentale nel processo di apprendimento della biologia e. analizzare quali modalità di verifica vengono suggerite dai programmi stessi.
2. Discussione finale

Primo anno – Secondo corso

Il quesito/problema, nato durante la simulazione della costruzione di un percorso didattico da parte di un gruppo disciplinare di Scienze all'inizio dell'anno scolastico, è "Come passare dalla conoscenza disciplinare alla forma didatticamente utilizzabile?" Si tratta di scomporre il prodotto finale, cioè quello che vogliamo ottenere, nelle sue componenti principali. Sono analizzate due diverse modalità procedurali [4]:

1. l'uso delle mappe concettuali,
2. l'uso dei diagrammi a V.

Nel primo caso, si utilizzano i concetti generali per generarne altri, particolari, che costituiranno la base della programmazione curricolare e serviranno come traccia per selezionare i materiali e le attività da svolgere.

Nel secondo caso si risponde a domande che, mettendo a fuoco problemi (domande focali), stimolano la riflessione tra i versanti teorico-concettuale e metodologico (quello che si sa) e quello che vogliamo capire.

Lo schema del tipo di quello riportato in figura 2 costituirà la base dalla quale partire per lo sviluppo di una parte del Laboratorio di Didattica del secondo anno ed è tratto da una relazione sulle attività fatta dagli specialisti.

Il gruppo di lavoro formato da cinque specialisti, ha scelto di sviluppare in un Liceo scientifico sperimentale, il tema *Evoluzione dei viventi* attraverso un itinerario che è anche sto-

rico, con lo scopo di far scoprire agli allievi il concetto di dinamicità e continuità della vita. Attraverso il sistema delle mappe concettuali, ha elaborato due moduli distinti, il primo dedicato al biennio e propedeutico per il secondo, l'altro indirizzato al triennio.

¹[...]La preparazione dello schema è stata preceduta da discussione. Di seguito sono sintetizzati alcuni passaggi.

Gianna ritiene fondamentale la trattazione di argomenti di sistematica e filogenetica, almeno sotto forma di cenni, per introdurre le teorie dell'evoluzione. Elisabetta: "dovremo perciò partire dalle forme più semplici, come alghe invertebrate ecc.". Secondo Gianluca questi potrebbero però essere dei prerequisiti, derivanti da un altro modulo, oppure semplicemente argomenti da inserire in un altro modulo, in base dalla programmazione curricolare del POF". Gianpiero propone di procedere buttando giù una bozza di mappa e poi di scegliere degli argomenti specifici, per arrivare all'unità didattica. Interviene il conduttore del Laboratorio: "Supponete di dover elaborare due distinti moduli sullo stesso tema, uno per il biennio e uno per il triennio". Gianna: "secondo me vale la

pena di partire con i punti fermi, cioè quelli fondamentali, come le teorie sull'evoluzione ed inserirli anche una parte di anatomia e fisiologia".....Per Lorenzo è fondamentale, soprattutto per il biennio, privilegiare aspetti esperienziali, per esempio si potrebbe prevedere un'uscita sul territorio per raccogliere vegetali e piccoli animali, in vari ambienti, allo scopo di far notare la variabilità delle forme e degli adattamenti. Gianpiero si chiede se ha senso affrontare tutte le teorie, o può bastare accennare a Lamarck ed approdare invece subito a Darwin? Elisabetta ritiene però che un accenno alle teorie fissiste vada fatto e su questo siamo tutti in sintonia. La discussione si sposta sull'argomento spigoloso della genetica in quanto, secondo Gianna, non è indispensabile trattare le basi genetiche della teoria dell'evoluzione. Segue discussione se e come inserire la genetica. Passa la mozione di Lorenzo di proporla soltanto al triennio. Gianpiero ritiene importante inserire un aggancio con Scienze della Terra, per creare un parallelismo con l'evoluzione del pianeta (tettonica a placche), mentre secondo Elisabetta per il biennio è sufficiente trattare le teorie dell'evoluzione e dare delle nozioni di sistematica su base filogenetica". Alla fine siamo tutti d'accordo nel trattare la genetica solo al triennio, spiegare le funzioni e la struttura del DNA, introdurre le mutazioni genetiche e la variabilità come aggancio per parlare della biodiversità, che può diventare un'unità didattica di collegamento con un modulo di "Ecologia". Gianpiero suggerisce che tutta la trattazione della Biologia potrebbe essere sviluppata in chiave evolucionistica, anche se, come osserva Gianna, il modello da noi proposto non assolve che in parte a questo compito ed andrebbe allora integrato.

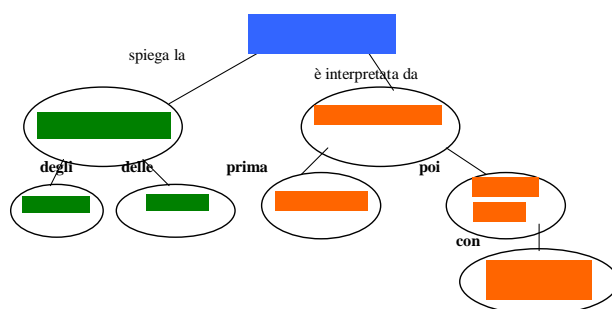


Figura 2. Schema del modulo per il biennio

¹ Il testo che segue è tratto dal verbale stilato dal Dr. G. Quochi.

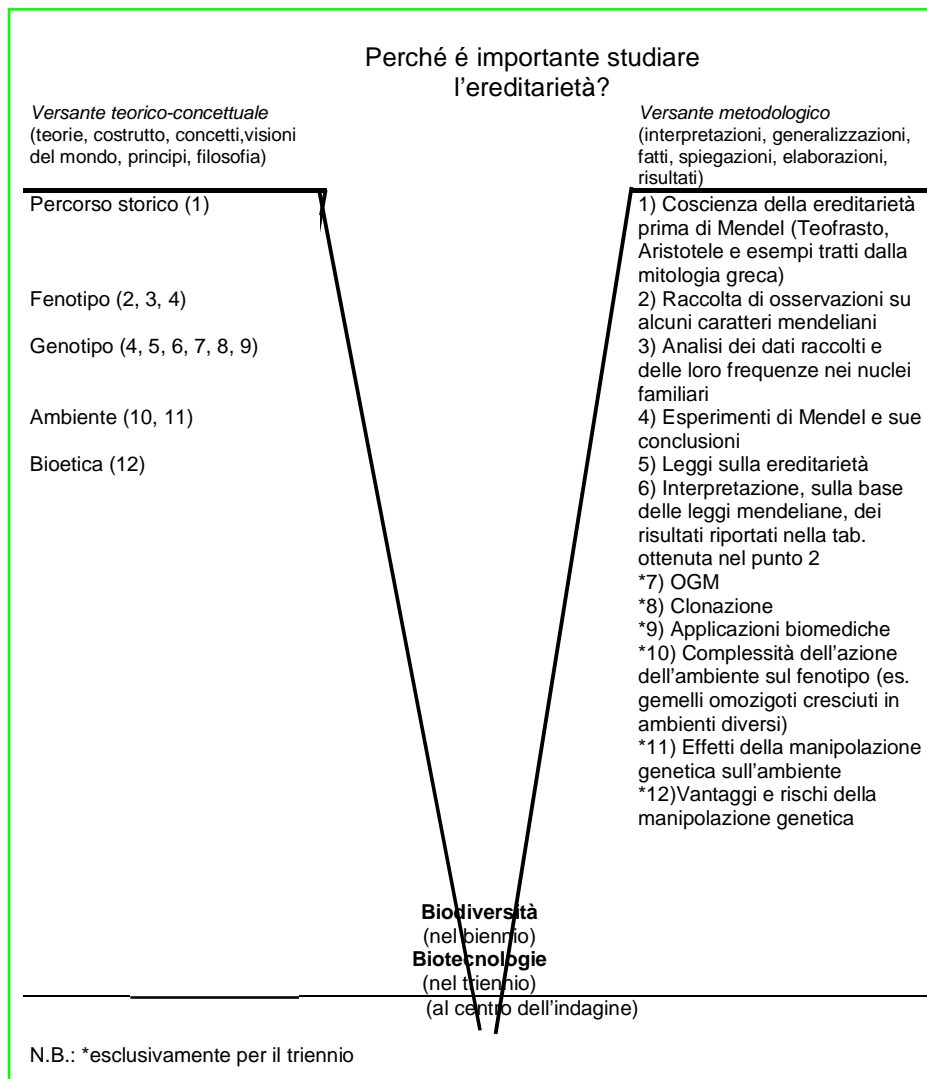
Gli specializzandi sono stati sollecitati anche a stendere un diagramma a V (Gowin) in cui fossero messi a confronto e articolati da un lato il versante teorico-concettuale del tema trattato (Perché è importante studiare l'ereditarietà dei caratteri?) e dall'altro il versante metodologico. La figura 3 riporta il diagramma in questione.

dattico previste dal D.M. sugli Esami di Stato¹.
Parlando dell'esperienza del Laboratorio di Didattica in una di queste Relazioni si afferma: [...]Personalmente giudico l'attività dell'Area 3 come la parte decisiva e fondamentale di tutto il percorso biennale della SSIS. Infatti è sempre stato elemento cer-

le Scienze ha affrontato argomenti diversi che per la loro importanza si sono rivelati basilari per la mia formazione.....Tali aspetti sono stati inoltre accompagnati, durante il secondo anno, anche da vere e proprie attività di laboratorio per la chimica tramite l'utilizzo di un laboratorio scientifico scolastico, precedute da opportune considerazioni sia di carattere storico-epistemologico, sia di proponibilità dei concetti a un determinato livello scolare" [5].

E ancora, in un'altra Relazione si legge [...]“Il Laboratorio di Didattica ha rappresentato un momento centrale nella mia formazione, di sintesi tra tematiche disciplinari (Area 2), trasversali della formazione docente (Area 1) e attività di tirocinio e si è articolato in momenti teorici, momenti progettuali e simulazioni, di discussione collettiva e lavori di gruppo (anche in laboratorio scolastico). L'area 2 avrebbe dovuto rappresentare un momento di riflessione didattica e storico-epistemologica sulle discipline, ma in realtà si è spesso concentrata sul rinforzo e sulla trasmissione di contenuti disciplinari.... Il filo conduttore del Laboratorio è stato la progettazione di Moduli e Unità Didattiche: a questa attività se ne sono affiancate molte altre volte comunque a formare capacità critica dell'insegnante rispetto all'argomento e a suscitare sensibilità per gli aspetti storici epistemologici connessi ai vari concetti presi in esame.... Naturalmente non è possibile analizzare criticamente in questo lavoro tutte le attività svolte: uno dei punti più interessanti del laboratorio è stata la possibilità di entrare in contatto e riflettere sulle principali teorie attuali nel campo dell'insegnamento e della didattica, considerandone anche gli aspetti pratici, applicativi ...nell'ottica che l'insegnante deve essere disposto ad analizzare continuamente, critica-

Figura 3



Bilancio di una esperienza

Il Laboratorio di Didattica delle Scienze, articolato nelle due parti LdD e di DdL, progettato per questo primo biennio e ancora non completamente realizzato, rappresenta, secondo noi, un'esperienza positiva, stimolante e "naturalmente" connessa con l'attività di coordinamento con le altre Aree formative.

Nel cercare di fare il bilancio dell'esperienza, abbiamo pensato di dare spazio alle parole usate dagli specializzandi della sede fiorentina della SSIS della Toscana nelle loro Relazioni di Tirocinio e Laboratorio di-

niera e snodo di formazione tra l'Area trasversale (Area1) e la riflessione didattica e storico epistemologica dell'Area 2. Ma è stata allo stesso tempo l'interfaccia non solo tra le Scienze della Formazione e l'Area Disciplinare, ma anche tra queste e il Tirocinio. Il Laboratorio ha realizzato questi obiettivi e, per quanto mi riguarda, in modo pieno.....Sono state individuate due tipologie di Laboratorio: a) Laboratorio di didattica delle Scienze e b) Didattica del Laboratorio di Scienze.....Il programma di Laboratorio di Didattica del-

si in esame.... Naturalmente non è possibile analizzare criticamente in questo lavoro tutte le attività svolte: uno dei punti più interessanti del laboratorio è stata la possibilità di entrare in contatto e riflettere sulle principali teorie attuali nel campo dell'insegnamento e della didattica, considerandone anche gli aspetti pratici, applicativi ...nell'ottica che l'insegnante deve essere disposto ad analizzare continuamente, critica-

¹Art.3, comma1 del D.M. 4/6/01 Regolamento recante norme relative all'Esame di Stato conclusivo dei corsi svolti nelle Scuole di Specializzazione...

mente il proprio operato...”[6].
Nell'avviare un processo completamente nuovo, com'è accaduto per le Scuole di Specializzazione all'Insegnamento Secondario e, quindi, anche per il nostro progetto di Laboratorio di Didattica delle Scienze si corre sempre il rischio di commettere errori, anche per effetto delle tante difficoltà che si incontrano lungo il cammino della traduzione in concreto dei progetti stessi. E' per questo che anche a noi piace

concludere con una frase di G.Pask, “Non si insegna se al contempo non si impara; non si impara se al contempo non si insegna” [7].

Bibliografia e note

- [1] Fabio Olmi “La SSIS, il suo ...centro di gravità e la formazione degli insegnanti di Scienze”, *Naturalmente*, 3, 2001 pp.35-41
[2] Aldo Borsese “Problemi e metodi di una formazione iniziale e in servizio degli insegnanti” *Annali della Pubblica Istruzione*, Anno XXXVIII, n.5-6
[3] H. Gardner, Educare al comprendere,

1993-Feltrinelli, p.129

[4] J.D.Novak, D.B. Gowin, Imparando a imparare, 1997-Sei

[5] Dr. L. Bellini *Relazione sull'attività di Tirocinio e di Laboratorio Didattico*, A.A. 2000/2001, pp.11,12 - Classe di concorso A060.

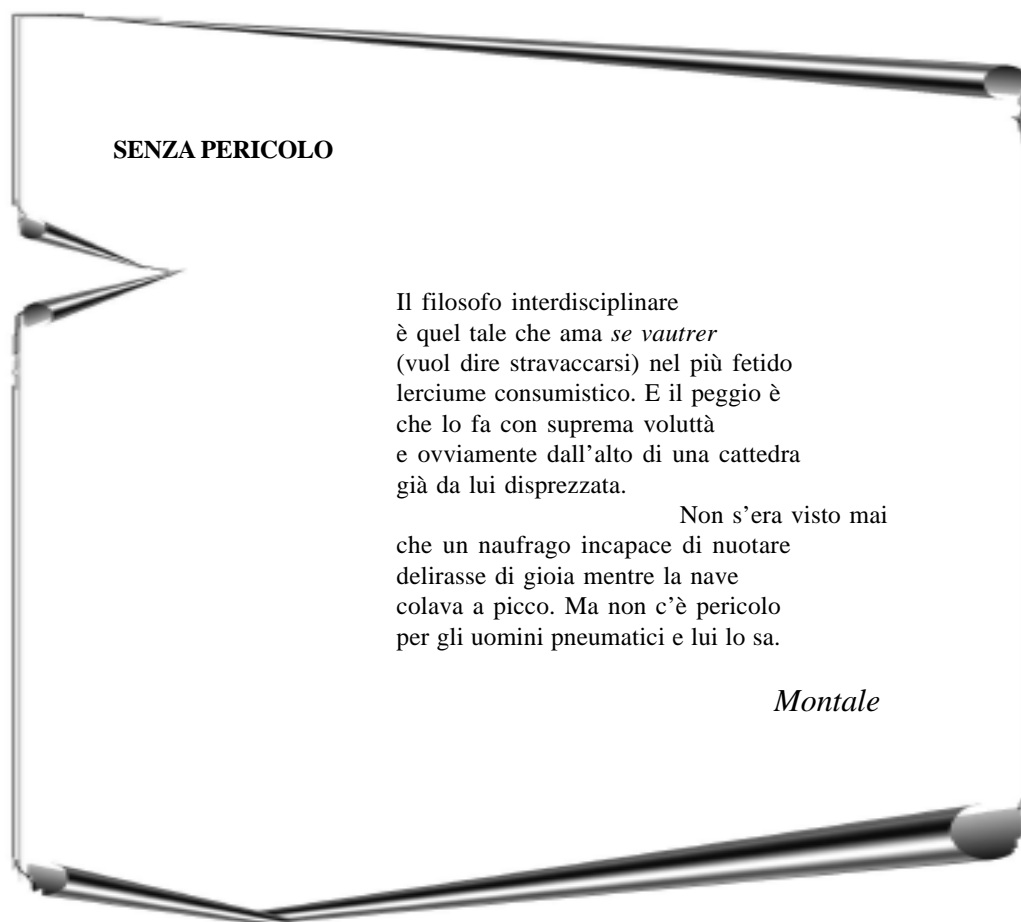
[6] Dr. E. Bargelli *Relazione finale del Tirocinio*, A.A. 2000/2001, pp. 4, 5 - Classe di concorso A060.

[7] G.Pask-, *The cybernetics of human learning and performances*, - Londra, Hutchinson, 1976

Chimica e poesie

È il 29 aprile 1976, a vari livelli sta furoreggiando l'interdisciplinarismo ed ecco alzarsi una voce fuori dal coro. A volte i poeti hanno dei sensori eccezionali capaci di cogliere ciò che ad altri sfugge: ecco quanto scrive su coloro che cavalcano la moda dell'interdisciplinarità il Nobel Eugenio Montale

Ermanno Niccoli



Giochi e Olimpiadi della Chimica 2001

I giochi e le Olimpiadi della Chimica dell'anno 2001, organizzati dal Ministero della Pubblica Istruzione e della Ricerca Scientifica in collaborazione con la Società Chimica Italiana, si sono ormai conclusi con la selezione di nove campioni nazionali, tre per ognuna delle tre categorie A, B e C e con l'acquisizione per l'Italia di due medaglie di bronzo e di un diploma di merito alle Olimpiadi della Chimica che quest'anno si sono svolte a Mumbai e hanno coinvolto 54 Nazioni.

I Giochi della Chimica hanno visto la partecipazione di circa 15.000 studenti (e circa 5000 insegnanti delle varie scuole secondarie superiori), tra i quali sono stati selezionati i circa 5.000 studenti che hanno partecipato alle selezioni nazionali (5006).

Come ormai consuetudine ben collaudata, dopo una selezione interna ai vari Istituti Tecnici e Licei, si sono svolte due selezioni, una regionale e una nazionale. Quella regionale si è svolta sabato 5 maggio 2001 e ha coinvolto 5006 studenti delle varie classi, selezionati tra i 15.000 che si erano sottoposti spontaneamente a un test di selezione all'interno degli Istituti. La prova si è svolta contemporaneamente in tutte le regioni italiane, che hanno selezionato i partecipanti alla selezione nazionale che permette di individuare tre terne di campioni nazionali per le tre classi di concorso A, B e C. Le selezioni hanno utilizzato quesiti identici per tutt'Italia, fatti pervenire ai responsabili regionali della SCI dal sottoscritto Coordinatore della competizione.

La classe A comprende gli studenti più giovani, quelli delle prime due classi degli ITIS, la classe B comprende i licei e quelli di varie scuole in cui i programmi di chimica sono svolti solo in un relativo numero di ore settimanali (Licei sperimentali). Infine, la classe C che comprende i periti chimici.

Anche quest'anno, i quesiti sono stati

MARIO ANASTASIA (*)

scelti tra quelli forniti (con parsimonia!) da docenti di tutte le regioni d'Italia, per dare un quadro generale degli argomenti privilegiati dalle scuole della penisola. Gran parte del merito della manifestazione va perciò ai docenti che inviano i quesiti e che collaborano con il Coordinatore e i suoi più stretti Collaboratori alla stesura dei questionari. Quest'anno, il sottoscritto, per la supervisione, si è avvalso della diretta collaborazione del Prof. Luciano Casaccia e di quella della Prof. Deanna Arnoldi, del Prof. L. Zaccaria, della Prof. Carmen Cappellini e del Prof. Goffredo Enriquez. I quesiti sono stati scelti tra quelli inviati dai colleghi il cui nome figura sul frontespizio dei fascicoli riportanti i test oggetto d'esame).

Nella scelta dei quesiti si è tenuto conto di alcuni messaggi che si volevano trasmettere o continuare a trasmettere nella scuola, traendo spunto da quelli lanciati a livello internazionale alle Olimpiadi della Chimica. Tra i più ribaditi, il suggerimento di usare la mole (mol)

come unica unità di misura delle sostanze usate dal chimico. L'uso della mole deve ormai sostituire nei calcoli gli equivalenti che appartengono al passato alchemico e al pigro presente di chi si innamora di quello che antichi alchimisti restii ad aggiornarsi gli insegnarono!

Si è ribadita la necessità di usare le unità di misura nei calcoli stechiometrici in modo da avere un controllo ulteriore degli stessi seguendoli con razionalità. E' stato rimarcato l'uso della massa molare e della grandezza n (quantità di sostanza), da anni introdotta nel SI, ma ignorata o usata raramente dai chimici. Molti di noi infatti, ancora oggi la confondono per pigrizia con la sua unità di misura complicando molte situazioni e confondendo molti termini!

Si è continuato a suggerire l'abbandono della teoria acido-base di Arrhenius e si è caldeggiata l'accettazione coerente di quella di Broensted e Lowry, cercando di evidenziare le incoerenti miscele di concetti confusi e confondenti che sui testi di chimica, anche universitari, si sono fatte e si continuano a fare.

Si è ribadita, con quesiti spesso gui-



Componenti della Squadra italiana alle Olimpiadi

(*) Dipartimento di Chimica e Biochimica Medica - Università di Milano via Saldini, 50 - 20131 Milano

dati, a partire da una cosa che tutti sanno: "il peso molecolare e il peso atomico non hanno dimensioni in quanto grandezze relative", una conseguenza che molti non mostrano di sapere (compresi gli autori di testi anche universitari di chimica):

"il peso atomico e il peso molecolare, se sono grandezze relative, non si possono misurare né in kg né in dalton (Da) o in u (l'unità IUPAC che da tempo sostituisce dalton e u.m.a.). Invece la massa atomica e la massa molecolare (grandezze assolute) si misurano in kg o in u!

Si sono introdotti con gradualità nella classe C quesiti su argomenti di chimica analitica strumentale e di spettroscopia. Si è discusso sulle cifre significative, ignorate spesso nelle nostre scuole e richieste a livello internazionale.

Molti altri argomenti e concetti sono stati esaminati e discussi, a volte con calore, da parte dei docenti che hanno accompagnato a Frascati i giovani selezionati per le eliminatorie nazionali. Come ormai tradizione, infatti, i docenti accompagnatori collaborano attivamente allo svolgimento della prova nazionale, non solo risolvendo i problemi a risposta aperta della prova finale che permette la selezione degli otto studenti da allenare a Pavia, ma anche discutendo e selezionando i quesiti finali, prima della correzione delle prove svolte dagli studenti. Riuniti nell'aula magna del centro Giovanni XXIII a Frascati, i docenti accompagnatori esaminano tutti i quesiti delle tre classi (60 x 3) e decidono se tutti sono ammissibili per la valutazione o meno escludendo quelli troppo facili o troppo difficili o quelli che per essere troppo innovativi esauriscono il loro compito provocatorio nello stimolo degli stessi docenti a un aggiornamento. Anche questo lavoro potrebbe essere riconosciuto dal ministero come aggiornamento degli insegnanti. Infatti lo è molto più di altri corsi in cui i docenti ripetono loro spesso antiche e superate conoscenze!

Molto utile è stata anche quest'anno la correzione dei quesiti, effettuata utilizzando un programma di correzione con computer che il Prof. Luciano Casaccia dell'ITIS Sobrero di Casale aveva messo a punto l'anno scorso e donato alla SCI, per i giochi della chimica. La SCI nel 2000 lo aveva premiato per il suo dono inviandolo come observer alle Olimpiadi di

Copenagen. Il programma è stato perfezionato nel 2001, in base alle osservazioni venute fuori dal collaudo sul campo e ha funzionato senza creare problemi. Il programma permette di evidenziare gli errori compiuti da ciascun candidato nelle singole domande e permette di ricavare utili indicazioni sugli argomenti che più sono conosciuti o ignorati dagli studenti. Con questo programma sono state elaborate le prove regionali e nazionali di cui si può prendere visione nel sito della SCI dal nome: .

Il programma permette di unificare anche la graduatoria regionale e quindi di fare, tra l'altro, anche il confronto con i risultati delle due prove, regionale e nazionale.

Senza soffermarci troppo in questa sede sull'analisi dei risultati, che è ora oggetto di studio approfondito da parte di alcuni Colleghi, si può osservare che la graduatoria nazionale rispecchia in ogni caso quella regionale, seppure con qualche correttivo. Il che indica un'omogeneità nella scelta dei quesiti e una loro validità nel selezionare i partecipanti. In particolare si nota che nelle prime 5-6 posizioni delle classi A e C nelle selezioni regionali e nazionali figurano gli stessi candidati e quindi le stesse regioni. Solo nella classe B si nota qualche rimonta di candidati o qualche abbandono, fenomeni probabilmente dovuti all'impegno di qualche docente preparatore, subentrato dopo le selezioni regionali o a qualche persecuzione di docenti di materie diverse dalla chimica, che mettono sotto torchio gli allievi che emergono in chimica, impedendo loro di continuare ad applicarsi in modo preferenziale allo studio di questa disciplina. In qualche caso lo studente ha riferito di essere stato sottoposto a interrogazioni ripetute proprio nel periodo tra le selezioni regionali e quelle nazionali.

Che sia anche questo una conseguenza della cattiva immagine che ha la chimica nella mente degli Italiani? L'azione dissuadente degli insegnanti di materie letterarie è più significativa, sebbene ancor meno giustificata nella classe C, che comprende i periti chimici che, secondo chi scrive, hanno tutto il diritto di applicarsi nello studio della chimica, anche a costo di sacrificare lo studio della letteratura italiana o di altre materie meno professionalizzanti.

E' quanto meno strano che giovani periti chimici, che emergono nello studio di una scienza che ci fa ben figu-

rare in Europa e ci permette di partecipare con dignità alle Olimpiadi Internazionali della Chimica, accanto alle altre Nazioni Europee e agli USA, non possano vedersi attribuire qualche credito di merito in più rispetto alla norma nella valutazione del loro curriculum per aver partecipato ai giochi della chimica.

Due anni fa un nostro studente, (Evangelisti) ora alunno della Normale di Pisa, che aveva meritato una medaglia d'argento alle Olimpiadi di Melbourne e una medaglia d'oro alle Olimpiadi di Bangkok fu promosso con 86/100 o poco più al diploma di perito. Pare avesse svolto non troppo bene il tema di Italiano.

Ma il discorso vale anche per i Docenti che si impegnano nella preparazione degli allievi. Sono indubbiamente i colleghi più impegnati nella didattica, più validi e volenterosi. Svolgono il compito di allenatori volontariamente e senza alcuna gratificazione che non sia quella che ricevono dall'affetto e dalla gratitudine dei loro allievi. Spesso gli stessi Presidi osteggiano il loro impegno o almeno non lo apprezzano, sebbene il Ministero nella circolare che annuncia i Giochi della Chimica ribadisca in modo chiaro e fermo il loro obbligo a dare la massima diffusione e il massimo sostegno all'iniziativa dei giochi e delle Olimpiadi.

A Frascati, nei giorni 24-26 giugno 2001 si sono svolte le selezioni nazionali, presso il sempre accogliente e ridente Centro Giovanni XXIII. Gli allievi e i docenti accompagnatori sono stati ospitati dalla SCI presso il Centro e i tre vincitori delle tre categorie sono stati insigniti di medaglie d'oro, argento e bronzo a seconda che si fossero classificati primi, secondi e terzi. Il diploma di medaglia era accompagnato sempre da un delfino d'oro della Pomellato, (un simbolo, il delfino portafortuna della Squadra Olimpica Italiana). Il primo dei delfini è stato offerto dal Gioielliere Andrea Paternostro di Legnano, altri doni sono stati, come al solito offerti dalla Società Bracco che ha permesso di premiare tutti, Professori e studenti, con i suoi consueti doni. Anche la Società Gibertini non ha fatto mancare il suo supporto all'organizzazione offrendo, come al solito, il pulmino per il trasbordo dalla stazione al Centro e viceversa, insieme ad una comoda borsa con notes e penna per i Docenti. La Gibertini ha anche donato due bilance agli Istituti dei due pri-

mi classificati della classe B e C!

La Società Gibertini ha anche donato due bilance agli Istituti dei due primi classificati della classe B e C!

Sono risultati campioni Nazionali:

Dragoni Federico (Toscana) per la classe A, Lauciello Leonardo (Puglia) per la classe B e Di Antonio Marco (Abruzzo) per la classe C. Sono stati selezionati anche il secondo e il terzo per ogni categoria. Il Comitato organizzatore dei Giochi ha anche premiato due veterani dei giochi: il Professor Silvio Gori dell'ITIS di Castellanza, vecchio membro del Comitato organizzatore e il Prof. Goffredo Enriquez dell'ITIS di Maglie (Lecce), indefesso ideatore di quesiti per le tre classi di concorso. A loro e ai loro Istituti è stato recapitato un diploma di merito. Il giorno 26 giugno si sono poi svolte le selezioni dei possibili olimpionici, con problemi a risposta aperta: bisognava selezionare otto candidati per gli allenamenti preolimpionici di Bombay. Tra i partecipanti, scelti tra i primi delle classi B e C c'era anche qualche volontario più giovane che ha chiesto e ottenuto di sottoporsi alla prova "fuori concorso", peraltro ben meritando.

Anche questa prova è andata bene e ha mostrato che molti dei nostri giovani sono degni della nostra stima e ammirazione. Così pure i loro Insegnanti, primi artefici della giovanile passione degli studenti per la Chimica.

Gli allenamenti si sono svolti a Pavia, nell'almo Collegio Borromeo che, con la sua atmosfera serena e vivace perché rallegrata dalla presenza di un centinaio di studenti universitari, tra cui due ex medaglie di bronzo delle Olimpiadi della Chimica, ha reso piacevole lo studio intensivo guidato da cinque validissimi docenti.

Purtroppo gli studenti da selezionare non potevano essere che otto e così si è dovuta effettuare una scelta lasciando a malincuore a casa alcuni comunque meritevoli. Il compito è stato in verità agevolato e rattristato dalla rinuncia di almeno tre giovani a partecipare agli allenamenti. I rinunciari erano preoccupati degli imminenti esami di diploma!

Gli otto che alla fine sono stati selezionati per gli allenamenti di Pavia sono stati: Leonardo Lauciello (classe B, del L.S. G. Ferraris di Molfetta), Di Antonio Marco (classe C, dell'ITIS E. Alessandrini di Teramo), Gabriele Rosi (classe C, dell'ITI "Buzzi" di Prato), Stefano Monari (classe C,

Settembre - Ottobre 2001

dell'ITIS E. Feremi di Modena), Gabriele Veronesi (classe C, dell'ITIS Buonarroti di Trento), Francesco Creati (classe C, dell'ITIS L. Di Savoia di Chieti), Pierluigi Cappetta (classe C, dell'ITIS B. Focaccia di Salerno) e Davide Mantegazza (classe B; L.C. Volta di Como).

A Pavia, il gruppo di giovani docenti-allenatori, coordinati dal valente Chimico Organico Mauro Freccero, ha fatto miracoli. Ha studiato le competenze dei docenti indiani facenti parte del Comitato scientifico e ha insegnato argomenti di livello alto, non contemplati nei programmi delle scuole, facendo attenzione ai possibili argomenti che gli esperti avrebbero potuto proporre. Gli allenamenti si sono svolti in due periodi per un totale di 10 giorni come da regolamento delle Olimpiadi che l'Italia rispetta da sempre. I quattro selezionati (Cappetta, Veronesi, Di Antonio e Rosi), accompagnati dal sottoscritto e dal Prof. L. Casaccia sono partiti per Mumbai il 4 luglio, dopo essersi plurivaccinati contro tifo, tetano, epatite A e aver ingerito un enorme numero di pillole per la prevenzione contro la malaria. In India, soprattutto a causa dei pregiudizi e delle paure di malesseri intestinali, ispirati anche da medici scolastici molto allarmistici (quello di Cappetta aveva dato alla madre una fotocopia del suo libro con tutte le malattie possibili in India!), più o meno tutti i partecipanti italiani hanno sofferto la fame e non hanno potuto godersi i cibi indiani troppo ricchi di spezie che pare oggi siano la gioia dei Londinesi. Alla fine comunque tutto è andato bene, senza inconvenienti, anzi tutti sono tornati in Italia, contenti e carichi di doni per i parenti. La SCI aveva sottoscritto una ampia assicurazione che copriva i membri della delegazione per eventuali malattie (per un costo totale di 1,5 miliardi), ma non è stato necessario usarla.

Gli organizzatori indiani sono stati molto ospitali e hanno fatto del loro meglio per ben figurare. E ci sono riusciti. Noi Italiani siamo arrivati carichi di cappellini azzurri con la scritta Italia e una piccola bandiera tricolore. Li abbiamo regalati ai colleghi delle altre nazioni. Erano cappellini confezionati per i Giochi Olimpici di Melbourne del 1994, rimasti in giacenza, che la Società Tacchini ha venduto alla SCI a un prezzo simbolico!

Dall'India l'Italia è tornata con due medaglie di bronzo (Veronesi e Rosi)

e un diploma di merito (Cappetta).

I risultati, confrontati con le glorie di alcuni anni fa può sembrare insoddisfacente, ma non lo è! Si è già detto che ben tre candidati selezionati in prima istanza per le Olimpiadi hanno rifiutato di partecipare: per paura degli esami di diploma! Due dei rinunciari erano stati già a Copenaghen e avevano perciò anche una pregressa esperienza della Competizione. Inoltre due dei prescelti (Cappetta e Veronesi) avevano dovuto studiare e sostenere gli esami di diploma poco prima di partire.

Detto questo, non possiamo ignorare che ancora una volta però ci hanno traditi alcune carenze di chimica di base. Sembra ormai accertato dal ripetersi degli eventi che i nostri studenti trascurino da alcuni anni le titolazioni di vario genere, dalle iodometriche alle complessometriche alle altre. Si ripete anche che non sappiano districarsi in modo agevole con i calcoli ad esse relativi! E' anche successo di vedere incertezze nello scrivere formule semplici come quella del tiosolfato! I responsabili, interrogati hanno ammesso di aver studiato a suo tempo, solo al volo tali argomenti! Altre lacune ormai note riguardano la chimica organica!

Bisognerà provvedere, avvertire gli insegnanti e le scuole!

Del resto la medaglia di bronzo a Rosi (studente solo del III anno) indica chiaramente che le conoscenze di base hanno un peso notevole nella qualificazione e che i giovani del IV e del V le hanno dimenticate! Rosi, il più giovane, è stato una felice sorpresa! Sceglendolo si era fatta una scommessa sul suo entusiasmo e sulla sua voglia di riuscire. Si temeva per la sua impulsività che lo portava a commettere errori di distrazione. Era successo durante gli allenamenti a Pavia. Ma a Mumbai il ragazzo ha combattuto, cercando di rispondere a ogni domanda senza abbattersi! E' il segreto del successo: non abbattersi mai quando si pensa di aver in mano un insuccesso!

Detto ciò, bisogna vedere come evitare che studenti dell'ultimo anno, coinvolti negli esami di diploma, rinuncino alle Olimpiadi per paura degli esami. Non possiamo non chiederci se questi giovani valorosi non possano godere di qualche agevolazione in materie non strettamente pertinenti al loro diploma e alla loro professione di periti chimici? Da qualche

anno i programmi prevedono l'esame su tutte le materie dell'ultimo anno e i ragazzi hanno paura di essere bocciati o mal valutati se non studiano tutte le materie. Così rinunciano a un'esperienza unica nella vita.

I ragazzi selezionati per le Olimpiadi conoscono tanta chimica in più rispetto a gli altri che dovrebbero, se periti chimici, essere promossi senza esami. Nei dieci giorni di Pavia tutti riescono a imparare argomenti di chimica organica moderna che non hanno mai visto, si entusiasmano e colmano lacune incredibili in uno studio intensivo ma non stressante o coercitivo. Così si può dire per la chimica fisica, la chimica dei complessi, l'NMR, la spettrometria di massa etc. I loro docenti sono giovani ricercatori entusiasti che trasmettono loro entusias-

mo e amore per la materia di cui ognuno è specialista.

E' troppo chiedere al Ministro che, su certificazione di questi docenti, i giovani olimpionici possano sostituire l'Italiano con la Chimica di livello Olimpionico, questo almeno per i periti chimici? Il sottoscritto inoltrerà a giorni una richiesta ufficiale in questo senso.

Prima di chiudere questo mio breve rendiconto dei giochi e delle Olimpiadi, voglio ringraziare studenti e docenti che hanno reso possibile la loro realizzazione nonché tutti gli Sponsor, dal Ministero della Pubblica Istruzione, alla SCI, all'Editrice Piccin di Padova (che ci ha stampato e spedito 8000 questionari!), alle Società Bracco, Perkin Elmer, Gibertini e Sergio Tacchini per avere, in vario modo,

promosso o sostenuto l'iniziativa.

Nomi dei Docenti Allenatori dei partecipanti alle Olimpiadi di Mumbai.

Dott. Mauro Freccero, Ricercatore Confermato presso il Dipartimento di Chimica Organica dell' Università di Pavia,

Dott. Angelo Taglietti, Ricercatore presso il Dipartimento di Chimica Inorganica dell'Università di Pavia,

Dott. Filippo Maglia, Assegnista di Ricerca presso il Dipartimento di Chimica Fisica dell'Università di Pavia,

Dott.ssa Giancarla Alberti, Assegnista di Ricerca presso il Dipartimento di Chimica Analitica dell'Università di Pavia;

Prof. Armando Negri, Prof. Associato di Chimica Biologica presso l'Università di Milano.

Recensioni

Carmine Rubino, Italo Venzaghi, Renato Cozzi

STECHIO & LAB

Le basi dell'analisi chimica.

I. Stechiometria

II. Principi e metodologie



Già dopo un'occhiata rapida e superficiale al testo in due volumi "Stechio e Lab" di Rubino, Venzaghi e Cozzi (mi riferisco qui in particolare al primo testo "Stechiometria"), si resta facilmente colpiti dalla chiarezza, dalla sinteticità dei trattamenti della materia e, soprattutto, dalla razionalità nella distribuzione e nella successione degli argomenti.

Non è facile tuttavia capire se il testo è destinato a studenti delle medie superiori o dell'università: Si sarebbe più propensi a vederli in mano a

studenti universitari anche se l'editore li mette ambedue nei cataloghi dei libri per le medie. Gli Autori non si pronunciano in merito.

La materia è suddivisa in "unità didattiche" raggruppate in "moduli". Ogni Modulo propone:

- i *prerequisiti* necessari per affrontare lo studio delle relative Unità Didattiche;

- *test di uscita* per la verifica finale del Modulo.

Ogni "Unità Didattica" propone:

- *obiettivi*;

- *esempi di esercizi svolti*;

- *sintesi di definizioni*

- *esercizi e problemi finali* per l'autoverifica.

Ogni unità didattica ha materia per una o due lezioni. La suddivisione in parti che si ritrovano in ogni Unità può aiutare a rendere lo studio più ordinato, specialmente per l'autodidatta e, genericamente, per il ripasso.

Passando all'esame di qualche Unità Didattica, all'inizio sono dati per noti, argomenti di pertinenza della chimica generale, (natura particellare della materia, tavola periodica, significato di una formula chimica, elementi di nomenclatura dei composti) e si insiste, più di quanto generalmente non si faccia, sulla stechiometria delle sostanze e delle miscele: unità di massa atomica, mole e massa molare, com-

posizione percentuale e formula chimica; soluzioni ed espressione della concentrazione ecc. il tutto accompagnato da un buon numero di esercizi con relative risposte. A tutti questi argomenti viene dato un adeguato sviluppo. Riteniamo questa 'insistenza' quanto mai opportuna perché proprio in questi argomenti assai spesso il principiante incontra le prime difficoltà.

Ottimo il trattamento riguardante la stechiometria delle trasformazioni chimiche sviluppato nella UD4 e piuttosto originale il concetto di *quantità di reazione* introdotto e applicato nelle UD 5.

Qualche riserva, tuttavia, potrebbe essere sollevata sull'introduzione dei concetti di *attività*, di *forza ionica* e di *coefficiente di attività* già nella UD 7.2

Sono tutti concetti non facili, che generalmente, forse non a torto, non vengono trattati a livello di scuola media. Tuttociò fa pensare che il testo si potrebbe proporre convenientemente come supporto o complemento dei corsi di chimica generale. A pag.128 si trova la seguente definizione: *L'attività è la grandezza con la quale i chimici esprimono la tendenza a reagire di una data specie chimica. Quanto maggiore è l'attività, tanto maggiore è la "spinta" a trasformarsi.* Esposto in questi termini, il concetto, più o meno confondibile con quello abbastanza

diverso di *reattività*, diventa abbastanza intuitivo; a meno che non lo si voglia applicare a sistemi all'equilibrio, anche se gli Autori cercano di introdurre, ancora prematuramente, a nostro parere, il concetto di equilibrio dinamico.

Si mette in evidenza che *“naturalmente l'attività di una specie deve dipendere dalla sua concentrazione...”*

Lo studente che viene per la prima volta a contatto con questi concetti trova generalmente qualche difficoltà a realizzare chiaramente quale possa essere la differenza pratica fra *concentrazione* e *attività*.

Da qui ha origine la tendenza, in seguito difficilmente correggibile, di confondere “attività” con “concentrazione”

Dal punto di vista didattico ritengo poco opportuno introdurre il concetto di ‘attività’ quando è sufficiente il concetto assai più semplice e familiare di ‘concentrazione’.

Non è inutilmente complicata e prolissa la legge dell'equilibrio chimico riportata a pagina 130 ? Non si può dire in modo assai più semplice e comprensibile, e non meno accurata, *“in ogni sistema chimico all'equilibrio le concentrazioni dei reagenti e dei prodotti restano costanti (a temperatura costante)”* ?

Per gli stessi motivi riteniamo quindi che sia prematuro introdurre a questo livello i concetti, non proprio immediati, di stato standard, di coefficiente di attività e di forza ionica o, per lo meno, non sono qui indispensabili. Anche dopo queste definizioni, credo che sia difficile per lo studente della scuola media cogliere il significato delle equazioni evidenziate in azzurro alle pagg. 128 e 129. (Tanto più che nel suo subconscio resta sempre latente la tendenza di confondere l'attività con la concentrazione!)

L'unità UD 9 sviluppa assai bene i concetti di solubilità, prodotto di solubilità, ecc.. Si presenta ricca di appropriati esercizi, con discussioni e trattamenti non sempre reperibili nei libri del genere. E' quanto mai opportuna la discussione UD 9.3 sull'accuratezza del calcolo della solubilità a partire dalla K_s ; una maggiore attenzione su questo punto eviterebbe spesso di trovare assurdi risultati nei calcoli. Assai opportuna pertanto la Tab 9.1 riportata a pag.165.

Forse qualche ulteriore considerazione meritavano alcuni valori di solubilità ricavabili da K_s raccolti nella Appendice 2 pag.288 specialmente riferendosi ai valori più piccoli. Per es. dal valore relativo a HgS ($K_s = 2 \cdot 10^{-53}$) si ricava una solubilità(?) $s = 1.41 \cdot 10^{-26} M$. Quantità di questi ordini di grandezza si incontrano spesso nei libri di analitica, ma raramente si invitano gli studenti a pensare quale possa essere il loro significato (nel caso in esame, una soluzione satura di HgS in acqua pura dovrebbe contenere una mole (g 232,65 di HgS) in $7.07 \cdot 10^{25} L$ (Si tenga presente che il volume della Terra è ca. $1,1 \cdot 10^{24} L$) . Questa è un'occasione da non trascurare per segnalare come queste grandezze, ottenute da misure potenziometriche, non si possano mettere direttamente in relazione con la *concentrazione* di Hg^{2+} : il potenziometro indica la *tendenza* dello ione Hg^{2+} a *trasferirsi dalla soluzione all' elettrodo di Hg, cioè dà una misura relativa dell'attività*.

La misura, infatti, non ci dice quanto sia in valore assoluto la *tendenza* al trasferimento soluzione -> elettrodo, ma ci dice soltanto che tale tendenza è pari a $1.41 \cdot 10^{-26}$ volte la tendenza che lo stesso ione manifesterebbe in un trasferimento dalla soluzione standard (1 M ideale) all'elettrodo.

Questa tendenza al trasferimento è la misura della sua *attività*.

Sulla *concentrazione*, la misura non può dirci niente, non essendo possibile procedere a tarature, cioè a misure di confronto, a quelle concentrazioni, e costruire un diagramma mV/conc.

L'argomento può offrire spunto a molte considerazioni, sul rapporto attività-concentrazione, ma sarebbero forse premature a questo livello di istruzione. Purtroppo queste considerazioni non vengono fatte nemmeno nei corsi successivi e molti dati numerici, oggetto di precise misure, restano assai spesso avvolte da un velo di mistero.

Nel Modulo D (Equilibri acido base) lamateria è trattata bene, con sufficiente dettaglio.

Per quanto riguarda l'equilibrio di dissociazione dell'acqua, si legge a pag 193: “ K_w è detta prodotto ionico dell'acqua; in acqua pura vale $1.00 \cdot 10^{-14}$, alla temperatura di $25^\circ C$.” ... e più avanti, a pag 195, si trova: “ Il valore $1.00 \cdot 10^{-14}$, che si attribuisce in

genere a questa costante, è valido a $25^\circ C$ “ ... Questa impostazione fa pensare che questa importante grandezza non sia stata misurata, ma in qualche modo accettata per convenzione. Non si spende una parola sulle misure di conducibilità dell'acqua pura condotte da Kohlrausch nel 1894. Questa lacuna si riscontra in quasi tutti i testi moderni che si occupano dell'argomento, nonostante il fatto che la descrizione di queste semplici esperienze, realizzate oltre un secolo fa, contribuirebbe non poco a rendere meno astratto e più comprensibile il concetto di dissociazione dell'acqua.

Molto opportuno il richiamo sulle cifre significative nell'espressione del pH.



Il II° Volume, Principi e metodologie, descrive accuratamente e con precisione le svariate operazioni che lo studente affronta nei corsi di esercitazioni di analisi chimica, sia qualitativa che quantitativa. Il trattamento, anche se contenuto in un numero limitato di pagine, risulta assai chiaro, preciso e arricchito di utili figure.

So per esperienza che troppo spesso lo studente rifugge da una attenta lettura dei manuali di istruzione di laboratorio spesso considerati alla stregua di ricettari. Certamente questo non è il caso del II° volume di STECHIO e LAB: qui si tratta di un ottimo manuale che, accanto alle indispensabili istruzioni relative alle tecniche di lavoro, si riportano principi teorici, esempi di calcolo, esempi di relazioni, senza risparmiare occasioni per far capire allo studente quanto il lavoro ‘al banco’ debba essere legato alla teoria e allo studio.

Molecole

La chimica oggi: filosofia, storia e ricerca avanzata

a cura di Giovanni Villani

Collana Le nuove TESSERE - CUEN srl
2001, via Coroglio, 156 - 80124 Napoli
1 Vol. pp. 205 £. 16.000



La vitalità della collana “Tessere”, nata nel 1994 per iniziativa della Fondazione IDIS (Istituto per la diffusione e la valorizzazione della cultura scientifica) e che raggiunge con quest’opera il settantesimo titolo in catalogo, conferma che la scelta di pubblicare in edizione economica e tascabile piccoli classici della scienza e saggi divulgativi, soddisfa una fascia di lettori attratti prevalentemente dai temi scientifici e della comunicazione, desiderosi di affrontarli in maniera agile ma senza scorciatoie sul piano metodologico. Se, come auspicato dai proponenti la collana, si trattasse prevalentemente di giovani intenzionati a colmare le lacune scolastiche, non vi sarebbe che da rallegrarsi e seppellire alcuni luoghi comuni in proposito. Certamente, l’estrema sobrietà di presentazione che ne contiene il prezzo, la complessità degli argomenti affrontati, la loro latitanza nei programmi scolastici, fa pensare ad un lettore colto e curioso, esigente, attento al contenuto più che all’apparenza, come si ritrova fra gli studenti migliori. La raccolta di saggi brevi intitolata “Molecole” si adatta esemplarmente a questa collana ed i suoi obiettivi. Essa deriva, come altre opere della stessa collana, dalle lezioni tenute nell’ambito del Master in Comunicazione della Scienza presso la SISSA di Trieste. In particolare, il materiale deriva dalla sessione “Mo-

lecole” coordinata da Pietro Greco e Giovanni Villani, curatore del lavoro a stampa. Nella prefazione, Villani sottolinea l’originalità dell’opera, che mostra la chimica sotto tre diverse sfaccettature: filosofica, storica e di ricerca contemporanea. Secondo Villani, pochi libri trattano di filosofia chimica. Forse, a parere di chi scrive, se ne parlava molto di più nell’Ottocento, con lo stile tipico del tempo, ma che lasciava trasparire una viva passione per la materia studiata. Il primo volume del *Prontuario di Chimica Elementare Moderna* di Raffaele Napoli, pubblicato a Napoli nel 1867, dedica centotrentacinque pagine alla filosofia chimica, definita come “la scienza che dichiara i modi con cui la metamorfosi della materia s’inizia, si attua e si compie” e, ancora, come “lo studio delle cagioni e degli effetti delle metamorfosi dei corpi, e del metodo con cui si scovrono le relazioni di loro causalità nell’ordine reale ed intellettuale della cognizione e della esperienza”. Oggi che l’interesse verso lo studio accademico della chimica e delle materie scientifiche in generale sembra affievolito, riconsiderare la filosofia chimica in forme consone all’evoluzione del pensiero e ai risultati della ricerca potrebbe essere di aiuto nell’invertire la tendenza. A tale scopo, questo libro potrebbe fornire un contributo efficace, attirando l’attenzione e stimolando la riflessione di quei giovani che si aspettano dagli studi scientifici non improbabili carriere da manager o scoperte che portino il paradiso in terra ma, più realisticamente, strumenti adeguati, da conquistare con fatica, per capire qualcosa del mondo che li circonda. In tempi di lauree brevi, di programmi universitari faticosamente disegnati per conciliare formazione di base e professionale, di competizione fra atenei a colpi di inserzioni pubblicitarie, di noiosa invadenza della scienza spettacolo, di preoccupante chemofobia sociale, questo libretto serio e impegnativo, sembrerebbe fuori posto. Chi scrive pensa il contrario, anzi ne raccomanda la massima diffusione nei corsi di laurea di tipo chimico, per non smarrire, fra una riforma e l’altra, il senso del proprio affannarsi sui libri e fra banchi di laboratorio. L’introduzione, curata da Greco, porta il titolo “Autonomia di una scienza” e mette giustamente in rilievo che la

chimica sta diventando una disciplina transdisciplinare come la matematica, ossia una cultura indispensabile a tutte le altre scienze. Dopo una curiosa ricognizione delle varie definizioni di chimica proposte dai testi più diffusi, Greco afferma che “la chimica è la disciplina che studia l’organizzazione della materia non vivente e le sue trasformazioni a un livello in cui la fisica non è più sufficiente, sebbene sia ancora necessaria”. I sei capitoli di cui è composto il libro, scritti rispettivamente da Ferdinando Abbri, Antonio Di Meo, Giovanni Villani, Vincenzo Aquilanti, Vincenzo Villani e Antonio Maria Tamburro, sono dedicati nell’ordine a: (1) concetto di atomo fino al XVIII secolo; (2) atomi e molecole nella chimica del XIX secolo; (3) passaggio dal concetto di atomo alla struttura molecolare della materia; (4) chimici scettici in un mondo di atomi e quanti; (5) complessità dinamica, molecolare e visione della realtà; (6) scienza moderna come nuova filosofia della natura. Senza sminuirne alcuno, va detto che risalta particolarmente lo sviluppo coerente e documentato dei capitoli 2 e 3 (con il recupero dell’opera rinascimentale di Pierre Gassendi, tesa a riconciliare visione atomica e cattolica del mondo), nonché l’intensità e limpidezza propositiva del 4, teso ad individuare i problemi da suggerire alla riflessione epistemologica contemporanea dal punto di vista della chimica moderna. Muovendo dalla sorprendente constatazione che il chimico professionista mostra una spiccata insofferenza a indulgere sul tema dei fondamenti, Aquilanti esorta a recepire con decisione il messaggio di Bachelard (1953) teso a valorizzare la spinta interna alla chimica verso la rivisitazione e rianalisi continua dei suoi problemi. Tra gli altri, Aquilanti cita la teoria dello *stato di transizione* come meritevole di approfondimenti, favoriti dagli strumenti della ricerca recente (Zewail, Premio Nobel 1999). La conclusione, curata da G. Villani, tratta la “Specificità della chimica” sostenendo la tesi forte che la chimica e fisica sono due tipi diversi di spiegazione scientifica e costituiscono due approcci complementari allo studio del mondo materiale. Al di là quindi di ogni gerarchizzazione o confusione, la distinzione fra chimica e fisica rimane una necessità intellettuale, senza dimenticare che la chimica può costituire un valido modello per le scien-

ze umane e sociali, visto che fornisce spiegazioni “per enti”. Si capisce quindi come non manchi ai chimici il retroterra culturale per reagire efficacemente ed orgogliosamente all’odierna diffidenza della pubblica opinione, senza cedere al vittimismo o rivendicare stizzosamente il merito di aver contribuito al benessere ma-

teriale di una parte (minoritaria) dell’umanità. Come si è detto, il gruppo degli Autori di “Molecole” comprende: Greco, giornalista scientifico e vicedirettore del Master, quattro chimici di valore (Aquilanti, Tamburro, G. Villani e V. Villani) e due storici delle scienze sperimentali (Abbri e Di Meo), ben noti ai cultori di storia del-

la chimica. Non vi è quindi da stupirsi della qualità del risultato, anche se è doveroso rallegrarsi con gli Autori stessi, augurando loro che l’impegno dedicato al libro stimoli giovani intelligenze a spendersi vantaggiosamente per la chimica.

Marco Taddia

Notizie

I corsi di aggiornamento all’Università di Ancona

All’Università di Ancona, grazie al desiderio del Preside della Facoltà di Ingegneria, Prof. Giovanni Latini di migliorare il livello della didattica, hanno avuto luogo sei differenti conferenze su temi attuali di interesse didattico. La prima conferenza ha avuto luogo il 27 maggio 1999 col titolo: Strength in Numbers: An introduction to cooperative learning, ed è stata presentata da Richard M. Felder, Hoechst Celanese Professor of Chemical Engineering della North Carolina State University (USA).

In questo seminario è stato presentato il metodo cooperativo, ovvero un metodo didattico che richiede agli studenti di lavorare in gruppo su compiti di apprendimento strutturati. La riuscita di questo metodo è stata dimostrata in centinaia di studi condotti nelle aule durante lo svolgimento delle lezioni.

Rispetto alla lezione tradizionale e ai compiti svolti individualmente, gli studenti che sperimentano il metodo cooperativo mostrano una maggiore motivazione ad apprendere e raggiungono una più profonda comprensione del materiale da apprendere, votazioni migliori, minore probabilità di abbandonare il corso di studi, una maggiore capacità di lavorare in gruppo, migliori abilità nella comunicazione e un maggiore grado di confidenza in se stessi.

Tuttavia, per raggiungere questi benefici, occorre molto più che fare lavorare gli studenti in gruppo. Per la

(*) Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Facoltà di Ingegneria dell’Università. Via Breccie Bianche 60131 Ancona
e-mail libero@popcsi.unian.it

LIBERATO CARDELLINI(*)

corretta applicazione del metodo è necessario seguire alcune regole. I compiti assegnati devono essere strutturati per assicurare sia l’interdipendenza positiva che la responsabilità individuale. Se non utilizzato in modo appropriato, questo approccio fallisce e gli studenti ottengono risultati minori e mostreranno ostilità verso il metodo e verso il docente. In questo seminario sono state riportate le tecniche di apprendimento cooperativo che si sono dimostrate efficaci, sottolineati i motivi che le fanno funzionare e sono stati offerti consigli su come metterle in pratica con successo, così da evitare i possibili inconvenienti.

La seconda conferenza ha avuto luogo il 26 giugno 2000 col titolo: Windows into the Structure of the Mind: Some Methods for Representing Knowledge Structures, ed è stata presentata da Richard J. Shavelson, Preside e Professor of Education (School of Education) e Professor of Psychology (School of Humanities and Sciences) dell’Università di Stanford (USA).

In questa conferenza è stato presentato l’utilizzo delle mappe concettuali come strumento di aiuto nell’apprendimento. La comprensione in un certo dominio delle scienze (biologia, chimica, scienza della terra o fisica) richiede “conoscere che”—conoscenza concettuale o proposizionale, “conoscere come”—conoscenza procedurale, e “conoscere perché, dove e quando”—conoscenza strategica. Per ciascun tipo di conoscenza si può

delineare le sue caratteristiche, e, più importante, la sua estensione e le sue strutture.

In questa conferenza è stata messa a fuoco la struttura della conoscenza concettuale o proposizionale e la sua misura usando differenti tecniche conosciute come “mappe concettuali” e diverse tecniche indirette, incluso l’associazione di parole, il giudizio in condizioni similari e la costruzione di diagrammi ad albero. Uno studio che ha utilizzato tecniche dirette e indirette, ha mostrato le relazioni tra loro esistenti e l’applicabilità per la valutazione della preparazione su larga scala.

Quattro conferenze hanno avuto luogo nei giorni 27 e 28 settembre 2000; tre avevano per titolo: “Understanding the Learning Process: Consequences for better teaching”, “Eight ways of looking at problem solving” e “Making Chemical Ideas available to Students”. Queste conferenze hanno avuto come relatore Alex H. Johnstone Professore Emerito di Scienza dell’Educazione nell’Università di Glasgow (UK); già Professore di Chimica Inorganica, già Direttore del Teaching and Learning Service, Direttore e ora Direttore Associato del Centre for Science Education.

Nella prima conferenza, Understanding the Learning Process: Consequences for better teaching, ha presentato un suo modello della mente che aiuta la comprensione dei processi di apprendimento. Questo modello è composto da tre parti: percezione, spazio di lavoro e deposito a lungo termine.

Continua a pag. 143

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

Ed ecco che rispunta...Piaget

Concedetemi qualche riga di “amarcord” e le solite divagazioni senili per poi approdare, ve lo prometto, in cose più attuali. Molti anni fa, quando CnS era sul nascere ed Herron aveva introdotto da appena quattro anni le teorie di Piaget presso la comunità americana che si occupava di didattica della chimica, invitato dal compianto prof. Fabbri, pubblicai quattro articoli sulle teorie di Piaget e sulle possibili applicazioni all’insegnamento scientifico.

Non ero un esperto del settore e per me fu un oneroso lavoro, ma mi sostennero un grande entusiasmo ed i consigli di un valido epistemologo allora alle prime armi, il prof. Mauro Ceruti.

In questo lavoro mi basai per la parte generale sui testi di Piaget, della Inhelder e sulla ponderosa sintesi di Flavell.

Per la parte applicativa cercai di sintetizzare quanto allora, nel momento in cui la moda di Piaget furoreggiava, compariva sulle riviste anglosassoni; in un momento di debolezza e di vanità cercai anche di infilarci qualche ideuzza personale.

Poi convinto di avere fatto un’opera pionieristica, mi misi tranquillo ad aspettare non tanto parole di consenso, che a causa dell’invidia non giungono mai, quanto che si avviasse un dibattito sull’argomento.

In realtà salvo l’apprezzamento di un amico come Rinaldo Cervellati, che inserì gli articoli tra le lezioni del corso di perfezionamento di Modena, e di Manrico Golfarini, allora mio giovane collega che cercò di utilizzare in classe dei questionari “piagetiani”, raccolsi il più gelido silenzio; più tardi ebbi modo di appurare che i quattro articoli famigerati stavano allineati negli scaffali di molte persone.

Molto più tardi, quando Piaget era passato di moda, perché nell’ambiente della didattica si procede per mode, qualcuno con aria distratta, quasi sopra pensiero, mi sibilò negli orecchi –



Si sa, Piaget non funziona! -La faccenda mi parve stupida anche perché la persona in questione non si preoccupò di argomentare quanto diceva. Episodi simili si ripeterono più volte nel tempo.

Un'altra volta durante un breve scambio di idee con un ricercatore in didattica della fisica di riconosciuto valore, appena accennai timidamente a Piaget, con voce rabbiosa mi disse – Piaget è l'unico che non abbia mai cercato riscontri alle sue teorie-

Rimasi allibito, sia per il fatto che l'affermazione risultava assai discutibile e poi per il tono rabbioso con cui era stata pronunciata. Ne dedussi che fare ricerche in didattica rovinava il carattere e comunque che esisteva una inspiegabile, italica avversione per lo psicologo ginevrino.

Tuttavia riflettendo su quella affermazione e su altre questioni correlate alla verifica, cominciai a maturare la convinzione che i riscontri oggettivi di una teoria didattica o pedagogica devono passare attraverso la sua applicazione ma che nel fare ciò subisce una tale diluizione nella prassi ed un tale rielaborazione da divenire praticamente irricognoscibile.

Se è difficile stabilire in quale misura una certa conoscenza è stata assimilata, stabilire la “verità” di una teoria pedagogica è praticamente impossibile; la sua legittimazione arriverà nel tempo soprattutto se non saranno sorte evidenze sperimentali indirette che ne negano l'applicabilità. Dobbiamo scontare la complessità della mente umana o di più menti che agiscono in gruppo, cooperativamente. L'interazione (interferenza?) con i nostri alunni è molto forte per cui mi sono convinto, come ho già avuto modo di dire in passato, che esista una sorta di principio di indeterminazione: tanto più la nostra verifica sarà intuitiva e di carattere generale, con tutti i problemi che ciò comporta, tanto più sarà funzionale; se cerchiamo riscontri troppo stringenti, nel pugno

stringeremo dell'aria o tuttalpiù qualche mosca.

Piaget infatti, invece di usare questionari, preferiva conversare paternamente con le sue giovani cavie, usando procedure che, con buona pace del ricercatore in didattica della fisica, assomigliavano molto ad una intelligente interrogazione o se si preferisce ad un dialogo socratico.

Mi sono quindi convinto con il passare degli anni che Piaget non deve “passare di moda” ma deve essere rivisitato criticamente, in una ottica didattica attuale.

I *decalage* di vario tipo non sono eventi eccezionali ma sono la norma: individuare delle fasce di età più o meno strette, entro le quali tutti gli individui maturano le stesse capacità mentali, indipendentemente dal contesto sociale e disciplinare è una pia illusione.

Con tutto ciò la prassi didattica ci fa intravedere che effettivamente la maturazione cognitiva sembra passare gradualmente attraverso una serie di stadi ben caratterizzati e che i meccanismi di assimilazione e di adattamento hanno luogo.

Questa lunga premessa mi è servita per dire che sul numero di Agosto del 2001 del *Journal of Chemical Education* con mia grande sorpresa ho visto rispuntare...Piaget!

Si tratta di materiale riferito ad un simposio tenuto a Dallas nel 1998, nell'ambito di un convegno dell'*American Chemical Society*, dal titolo “*Piaget, Constructivism and Beyond*”, in altre parole un Piaget recuperato nell'ambito del costruttivismo cioè della teoria più di moda in questo momento Piaget nell'articolo di Susan Nurrenbern viene visto come uno dei padri del costruttivismo.

Von Glasersfeld si spinge più lontano ed afferma che il costruttivismo è nato nel 18° secolo con Gianbattista Vico, ma che molte cose di cui ora si discute hanno ragione d'essere grazie ai 69 anni dedicati da Piaget alla sua ricerca.

Nel suo articolo la Nurrenbern utilizza una interessante rappresentazione grafica delle teorie piagetiane sullo sviluppo cognitivo dove vengono rappresentati i graduali passaggi da una modalità di pensiero a quell'altra.



Qualitative representation of Piagetian cognitive developmental periods.

La Nurrenbern avverte che si tratta di una rappresentazione puramente orientativa per una più flessibile lettura di queste teorie. In questo simposio il termine costruttivismo viene usato in senso

lato, come di una categoria capace di comprendere al suo interno tutto ciò che tende a chiarire i meccanismi relativi alla costruzione della conoscenza. In questa categoria secondo i relatori

Notizie

Continua da pag. 141

La percezione è un processo di filtrazione attraverso il quale scegliamo di prestare attenzione a determinati stimoli sensoriali ed ignorarne altri. Questa filtrazione è controllata dal nostro deposito a lungo termine dove decidiamo dell'importanza, dell'interesse e dell'attenzione, basandoci su esperienze e su conoscenze precedenti. Alla percezione, aggiungiamo idee ed associazioni prese in prestito da esperienze precedenti.

Lo spazio di lavoro è dove l'input filtrato viene trasferito per essere elaborato. Questo spazio ha due funzioni: registra le informazioni e le elabora in una forma comprensibile. Paragona l'input col materiale memorizzato nel deposito a lungo termine e cerca i collegamenti che daranno un significato all'input. La capienza dello spazio di lavoro è limitata.

Deposito a lungo termine è il deposito di informazioni collegate in reti enormi di associazioni. Quando della nuova informazione entra in questo deposito diventa conoscenza significativa se si può collegare correttamente nella rete esistente, aumentandone ed arricchendone la complessità.

E' stato mostrato come da questo modello possono derivare dei suggerimenti ("Dieci Comandamenti Educativi") per aumentare l'efficacia della lezione e ha illustrato questi principi in situazioni reali di insegnamento.

Nella seconda conferenza, *Eight ways of looking at problem solving*, ha presentato una maniera logica di approccio al Problem Solving. Problem solving è ciò che si fa quando non si conosce che cosa è necessario fare.

Ogni problema consiste di tre parti:

- (a) Le informazioni di partenza (i dati).
- (b) Che cosa si vuole ottenere (lo scopo).
- (c) Il metodo con cui collegare (a) e (b).

Affinchè un problema reale esista, almeno uno tra (a), (b) o (c) deve essere non familiare o incompleto. Sono stati suggeriti esempi tratti dalla chimica, dalla matematica, dalla scienza dell'informazione degli 8 'tipi' di problemi e suggerimenti su come preparare gli studenti al problem solving.

La seconda relazione del giorno 28 settembre: *Conoscenze, competenze e capacità in Chimica*, è stata svolta dal Prof. Giuseppe Valitutti, Ispettore Tecnico della Sovrintendenza Scolastica di Ancona, che ha illustrato i cambiamenti che stanno avvenendo nella scuola secondaria superiore.

A scuola si privilegia l'apprendimento di conoscenze determinate e competenze disciplinari. Tale approccio non garantisce lo sviluppo dei processi di pensiero di più elevato profilo. Insegnare le abilità di pensiero è un compito che può qualificare il lavoro in classe dell'insegnante.

I numerosi esempi hanno mostrato come si possa organizzare, attraverso lo studio della Chimica, il miglioramento delle abilità cognitive di base (classificare, comparare, descrivere, trovare le ragioni, ecc. .) e delle abilità di livello elevato: dalla inferenza normale al ragionamento analogico,

del simposio, assieme a Piaget, rientrano anche le mappe concettuali di Novak ma anche, presumo, il diagramma di Gowin, gli schemi di Ausubel ed altre cose ancora.

Semberebbe di capire che il costruttivismo più che una teoria a se stante debba essere concepito come una sorta di contenitore, un'area di raccordo dove le varie teorie costruttiviste si confrontano ed esplorano la loro potenziale complementarità.

Ermanno Niccoli

dal problem – solving al problem – posing, dalla capacità di scoprire alternative possibili a quella di organizzare modelli di significato più generale.

La manipolazione diretta di oggetti può favorire i livelli più elevati di pensiero. L'uso corretto delle attività di laboratorio va proprio nella direzione indicata, specialmente se le attività pratiche sono presentate secondo la tecnica di problem-solving. Le attività pratiche di problem-solving promuovono il pensiero critico e la creatività perché: stimolano la curiosità; permettono di riflettere sui dettagli sperimentali e promuovono la discussione fra pari.

Nell'ultima conferenza, *Making Chemical Ideas available to Students*, sono state illustrate delle maniere pratiche per presentare e visualizzare una serie di concetti chimici.

La chimica è una materia difficile. Le difficoltà sono dovute all'umana impresa dell'apprendimento così come alla natura intrinseca della materia. I concetti si formano dai nostri sensi nella percezione di fattori comuni e delle regolarità e stabilendo esempi e non-esempi. La psicologia per la formazione della maggior parte dei concetti chimici è abbastanza differente da quella del mondo 'normale'. Una ulteriore complicazione è dovuta dal fatto che è necessario operare e correlare tre livelli di pensiero: il mondo macroscopico e tangibile, il microscopico, atomico e molecolare e l'uso di rappresentazioni simboliche e matematiche. Dal punto di vista psicologico è folle introdurre gli studenti

simultaneamente alle idee dei tre livelli. Qui trovano origine molte delle idee sbagliate dei nostri studenti. Sono state esplorate le possibilità suggerite dalla ricerca nella didattica chimica in termini di ordine di insegnamento, sviluppo graduale dei concetti, funzione del laboratorio e il posto per le idee quantitative.

Una idea unisce queste conferenze; ovvero presentare degli strumenti e delle tecniche importanti che permettano di migliorare la qualità della nostra didattica. L'insegnamento è forse l'unico settore del mondo del lavoro dove si può praticare senza una preparazione adeguata. Ho una laurea, in qualche modo spiego quanto è contenuto nel programma e dunque mi sono guadagnato lo stipendio. Per fortuna, esistono degli insegnanti che considerano importante quanto i loro studenti imparano e desiderano utilizzare metodi più efficaci per rendere l'apprendimento più significativo.

A queste conferenze hanno preso parte studenti, ricercatori e docenti dell'Università di Ancona e professori delle scuole superiori delle Marche. Alle conferenze tenute il 28 settembre 2000 hanno partecipato anche alcuni professori dell'Emilia e dell'Abruzzo, oltre al Prof. Paolo Edgardo Todesco, al Prof. Paolo Mirone, direttore di CnS, per un totale di circa 80 persone. Il numero di partecipanti, di assoluto rispetto, è da valutare tenendo presente che le informazioni della giornata di aggiornamento sono state diffuse attraverso indirizzi e-mail,

molto dei quali erano sbagliati. Molti partecipanti hanno avuto notizia da altri colleghi. E' doveroso ringraziare i Presidi per aver concesso i permessi; questo fatto ha sicuramente comportato delle difficoltà nell'organizzazione delle lezioni. Il Ministero della Pubblica Istruzione con nota del 13/09/2000 (Prot. 43/126-MG, Ministero P.I. Direzione Generale Istruzione Classica, Scientifica e Magistrale, DIV. III), aveva concesso l'autorizzazione ai docenti interessati a partecipare.

Il Prof. Johstone ha apprezzato l'interesse dei partecipanti, espresso anche attraverso diverse domande; purtroppo un ostacolo è stata la lingua inglese. Queste ultime conferenze sono state possibili anche perché, oltre all'Università di Ancona, si è impegnata economicamente la Società Chimica Italiana, grazie alla sensibilità verso la didattica del Presidente della Sezione Marche, Prof. Giorgio Tosi e alla disponibilità del Presidente nazionale, Prof. Domenico Spinelli.

Queste conferenze sono state senza dubbio un successo, sia per la partecipazione dei professori di scuola superiore che è stata ... superiore alle nostre più rosee previsioni (si pensava a circa 30 partecipanti) che per l'interesse, che è stato grande, come è stato anche riconosciuto dagli oratori e per il fatto che qualcuno inizia a mettere in pratica ciò che nelle conferenze è stato detto. Ora, non deve essere possibile ignorare quanto di positivo è accaduto.

Il materiale di queste conferenze (il Prof. Valitutti ha anche reso disponibile il file Power Point del progetto di alfabetizzazione scientifica) è a disposizione di quanti possono essere interessati; inviare la richiesta, specificando il materiale di interesse a: Prof. Liberato Cardellini, Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Via Breccie Bianche, 60131 Ancona; e-mail: libero@popcsi.unian.it. Animati forse da eccessivo entusiasmo, viene reso disponibile un sito web (<http://www.wcsi.unian.it/educa/main.html>) con lo scopo di facilitare l'uso nella pratica quotidiana delle tecniche e dei metodi suggeriti nelle conferenze, attraverso lo scambio di idee, di esperienze (non importa se piccole o grandi) e di suggerimenti tra gli insegnanti di qualunque ordine e grado (ed anche di qualsiasi disciplina, dato che le mappe concettuali e l'apprendimento cooperativo trovano utile applicazione in tutte le materie) che sono interessati al loro utilizzo. Questo perché il miglioramento della scuola e dell'università può solo partire dal basso: da noi che siamo quelli che possono fare la differenza.

Cosa ci riserva il futuro? Si sta valutando la possibilità di invitare il Prof. Joseph D. Novak, l'inventore delle mappe concettuali. La conferenza avrà luogo verso la fine di settembre 2001. Quanti fossero interessati sono invitati a mettersi in contatto, in modo che possiamo comunicare i prossimi sviluppi.