

---

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

# CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



ITSCG "A. Oriani" - Faenza (RA)

**DIDATTICA CHIMICA  
PROSPETTIVE  
PER IL NUOVO SECOLO**

**MERITI E RESPONSABILITA'  
DELLA CHIMICA  
NEL XX SECOLO**

**UN APPROCCIO  
AL CONCETTO  
DI ENERGIA**

**ATTIVITA' DELLA  
DIVISIONE**



Società Chimica Italiana

Anno XXI  
Novembre - Dicembre 1999

**Direttore responsabile**

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

**Redattore**

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

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

## SOMMARIO

### EDITORIALE

La didattica della chimica: prospettive per il nuovo secolo **138**  
di *Giacomo Costa*

### DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Meriti e responsabilità della chimica per i cambiamenti intervenuti nella società e nell'ambiente durante il XX secolo **141**  
di *Leonello Paoloni*

### ESPERIENZE E RICERCHE

L'energia-Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica Parte III - Un approccio sistematico e modellistico per introdurre il concetto di energia **148**  
di *Ezio Roletto, Alberto Regis, Gianni Condolo*

Sperimentazione del progetto CHEMCOM per l'insegnamento della chimica **157**  
di *Mauro Remondini, M. Cristina Malpezzi*

### PROBLEM SOLVING FORUM

Equilibri eterogenei **162**

### LABORATORIO E DINTORNI

Determinazione della costante cinetica della reazione di riduzione dello ione persolfato con ioni ioduro mediante misure potenziometriche con elettrodo ionoselettivo a ioduro **167**  
di *Roberto Andreoli, Giovanna Gavioli*

### RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA  
Un rientro entusiastico nonostante la...programmazione **171**  
di *Ermanno Niccoli*

ATTIVITA' DELLA DIVISIONE  
Commissione curricoli **176**

LETTERE **161**

NOTIZIE  
La scuola di specializzazione per la formazione degli insegnanti della scuola secondaria superiore in Piemonte **173**

RECENSIONE **170**

CONVEGNI **166**

AVVISO AISOCI **III cop.**

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

## LA DIDATTICA DELLA CHIMICA: PROSPETTIVE PER IL NUOVO SECOLO

Le frontiere della conoscenza scientifica si estendono a macchia d'olio con tale velocità da render impossibile anche all'uomo più documentato uno sguardo d'insieme e per converso facilitano le contaminazioni più assurde fra paradigmi incompatibili e proiezioni cervellotiche. La divulgazione non utilizza l'analisi dei paradigmi e delle condizioni di verifica che ogni affermazione scientifica deve soddisfare. L'immaginario scientifico rischia di affiancarsi, nell'immaginario collettivo, alla fantascienza, alla magia e agli atteggiamenti psicologici della new age.

Ma la tecnologia è veramente in grado di trasformare osservazioni e scoperte scientifiche in prodotti commerciali che trasformano la qualità della nostra vita. E nascono allora concreti problemi di accettazione etica e di conseguente regolamentazione legale. Pensiamo ad esempio alle possibilità offerte dalla manipolazioni genetiche e ai conflitti con il senso religioso di sacralità della vita.

E' perciò urgente guardare al "sistema formazione" perfezionando i modi di fornire all'uomo bambino le conoscenze e i criteri per utilizzare razionalmente l'informazione, per rappresentare correttamente i corni dei numerosi dilemmi che gli presenta la vita e per facilitarli un rapporto ottimale con il mondo circostante. Questo sistema è fornito in una comunità ideale dall'educazione. E questa educazione è il compito che oggi, nella debolezza dei rapporti familiari, nella complessità dei rapporti sociali, dev'essere affidato alla scuola. La scuola deve aiutare a fare scelte difficili: nelle regole per lo sviluppo sostenibile, nell'etica dello sviluppo tecnologico e nell'uso della tecnologia. Perciò occorre difendere l'indipendenza dell'informazione, dalla pubblicità scorretta, dall'indottrinamento tendenzioso.

Ma l'inadeguatezza della scuola di oggi è ormai un luogo comune. Essa non è in grado di preparare i giovani ad affrontare la vita. Ne sono indicazione eloquente l'inosservanza dell'obbligo scolastico, gli abbandoni, i rapporti conflittuali all'interno dello stesso processo di formazione, nel triangolo "docente - allievo - famiglia".

L'inadeguatezza della scuola si registra particolarmente nell'area scientifico - tecnica. Qui il dilatarsi dei con-

tenuti e la proliferazione delle discipline non sono stati accompagnati da un adeguamento degli ordinamenti e dai programmi ministeriali. Il risultato di una pluridecennale trascuratezza è una scuola incapace di preparare adeguatamente all'accesso al mondo del lavoro e ad una cultura moderna.

Dopo decenni di abbandono da parte dei governi e di indifferenza da parte della pubblica opinione, l'urgenza di adeguare la scuola alle esigenze della formazione professionale, e la necessità di educare i giovani alle sfide della complessità della società tecnologica hanno stimolato proposte di riforma tali da trasformare profondamente l'intero sistema scolastico italiano, dalle materne all'Università. Alla trasformazione della scuola secondaria, in questo momento la più disastrosa, sono diretti i provvedimenti potenzialmente più incisivi nel processo di ravvicinamento della scuola alla società: l'aumento della durata della scuola dell'obbligo, il nuovo esame di stato, le riforme dei cicli scolastici e dei saperi, la norme per l'autonomia, le scuole per la formazione dei docenti.

La portata, le modalità, le conseguenze delle programmate riforme della scuola secondaria e dell'Università rappresentano una sfida epocale per il nostro Paese. Il rinnovamento che ne dovrà derivare è infatti la condizione necessaria per renderci competitivi nella ricerca delle soluzioni ai problemi che la nostra civiltà deve affrontare.

A liberare il sistema scolastico dalle pastoie di una regolamentazione arretrata la riforma provvede con l'autonomia scolastica. Uno strumento fortemente innovativo per la formazione degli insegnanti di scuola secondaria sono invece le scuole di specializzazione.

La parte più ardua dell'operazione di rinnovo dell'offerta formativa sarà il superamento della tradizionale classificazione delle conoscenze scientifiche in discipline.

I contributi dell'attività scientifica scendono come fili da una filiera i cui fori si moltiplicano con il moltiplicarsi dei laboratori e delle specializzazioni sulle nuove frontiere della scienza e della tecnologia. I "fili" si raccolgono spontaneamente in fasci, andando a costituire la struttura delle conoscenze in un certo tema o per una certa finalità. Per finalità didattiche questi fasci possono costituire la struttura di una disciplina.

Ma nella storia della scienza è successo e succede sempre più frequentemente che certi fili vadano ad alimentare più di un “fascio” e che si costituiscono anche “fasci” nuovi.

Fra i vari fili e fasci esistono delle interazioni trasversali che costituiscono una rete, e questa ha una configurazione variabile a seconda dei criteri con cui si raccolgano discipline e obiettivi interdisciplinari. La configurazione della rete rappresenta allora in modo abbastanza efficace, in un dato momento, un punto di vista sul panorama generale della scienza. Nasce così, e cresce, la trasversalità delle discipline e diventa attraente il concetto dei “sapere come rete di conoscenze”. Nella rete troviamo allora i nodi interdisciplinari. Ciascuna delle discipline tradizionali copre, nella rete, un’insieme di nodi: costituendo un’area disciplinare che può parzialmente sovrapporsi ad un’altra rendendo difficile una netta individuazione dei contorni che le separano.

L’insegnamento cerca ancora di seguire il crescente numero di discipline, che si presenta nelle grandi aree del sapere, come l’area umanistica e quella scientifico - tecnica, e nelle proliferanti specializzazioni all’interno delle discipline tradizionali.

La metafora della rete, dei fasci di fili e dei nodi ci porta invece alla necessità di riconsiderare la classificazione scolastica delle discipline. Non è un processo banale poiché presuppone, nell’estensione dei curricoli, una analisi che tenga in considerazione i caratteri epistemologici essenziali, l’interdisciplinarietà e i contributi delle diverse discipline ai presenti orientamenti della tecnologia. Non è un processo privo di difficoltà se consideriamo che, nei decenni, remore nascoste ma efficaci nel rinnovamento della scuola sono state anche le resistenze opposte dalle posizioni corporative all’interno delle discipline.

E’ invece un continuamente rivisitato quadro delle conoscenze che può guidare la riduzione dei contenuti, attraverso la individuazione dei saperi irrinunciabili nei nodi e nelle trasversalità. Le variazioni di configurazione della rete delle conoscenze, con lo sviluppo della scienza e con l’evoluzione e i cambiamenti negli obiettivi tecnologici esprimono bene quella che nella premessa della legge quadro si chiama “instabilità delle conoscenze”.

Ed è questa instabilità che spiega la necessità e l’urgenza di interventi che si devono fare nella classificazione nelle grandi aree delle conoscenze, negli indirizzi, nelle classi di concorso e nei titoli di accesso all’insegnamento nelle classi stesse.

La chimica e la fisica, le discipline tradizionali di cui

qui particolarmente ci interessiamo offrono tanti e tali esempi di sovrapposizione di utilizzazione in comune di criteri e di tecniche di ricerca da auspicare un serio riesame dei modi con i quali devono venir insegnate. La lunga storia di queste discipline, che contengono i paradigmi fondamentali che guidano la nostra conoscenza della realtà materiale, le vede ambedue protagoniste assolute della nascita ed evoluzione della scienza moderna. Sono le scienze sperimentali di base, hanno comuni origini nella filosofia naturale, che usano in comune molti paradigmi e nuclei concettuali, contribuiscono in comune allo sviluppo tecnologico. Ne deriva una inevitabile trasversalità che deve riflettersi anche nella preparazione scolastica.

Già nei primi anni del novecento la storia della chimica si è intrecciata con quella della fisica. Per quanto si possano tenere separate le evidenze chimiche (classiche) dell’esistenza di atomi e molecola dalle evidenze fisiche sulla natura dell’atomo l’intreccio è evidente nella tavola di Mendelejev quando il lavoro dei chimici classici si unisce a quello dei fisici con l’interpretazione, da un lato, delle periodicità delle proprietà (macroscopiche) degli elementi dall’altro con l’interpretazione quantistica delle loro proprietà spettroscopiche nel modello dell’atomo di Bohr. Emblematica dell’intreccio fra chimica e fisica è stata invece, anche per la sua rilevanza nella storia della nostra stessa civiltà, la vicenda della scoperta della fissione nucleare generalmente accreditata alla fisica. Sono infatti indagini chimiche e, nel 1939 fu la chimica analitica di Otto Hahn e di Fritz Strassmann, a provare che i cosiddetti elementi transuranici emessi dall’uranio bombardato con neutroni lenti, erano di fatto isotopi del bario, del lantanio e di altri elementi nella metà della tavola periodica. La formazione di elementi più leggeri con il bombardamento di nuclei pesanti con neutroni era stata del resto intuita da un altro chimico: Walter Noddack, già nel 1934. La prova chimica, con l’identificazione delle specie formate è stata essenziale nel condurre Hahn e Strassmann alla scoperta della fissione nucleare e a conseguire il Nobel per la chimica nel 1944.

C’è un altro tema nel quale chimica e fisica si intrecciano, ma è tale che trascende addirittura ambedue in una visione più ampia della realtà. Si tratta naturalmente dell’energia.

Nello studio delle strutture molecolari e delle superfici a livello molecolare ed atomico sono ancora i metodi fisici a offrire ai chimici le informazioni essenziali per la stereo chimica e per lo studio delle relazioni struttura-proprietà. Proprietà tipicamente chimiche,

vale a dire il comportamento nelle reazioni, sono infatti determinate dalla natura degli atomi ma, inscindibilmente, anche dalla natura dei legami chimici che a loro volta determinano la struttura della molecola, del cristallo o del solido poliatomico, o la struttura degli strati superficiali. Quest'ultime caratteristiche sono determinanti, ad esempio, nella catalisi eterogenea. I chimici teorici utilizzano strumenti e modelli sempre più sofisticati per indagare sul comportamento degli elettroni nell'atomo e nei legami, e metodi matematici sempre più potenti per lo sviluppo di calcoli sempre più raffinati.

Una affascinante frontiera della chimica si è aperta infine con la costruzione di supermolecole, sistemi formati dall'assemblaggio di diverse specie molecolari ciascuna capace di esistenza autonoma, la quali, riunite in opportune strutture complesse possono manifestare proprietà nuove ed esercitare funzioni speciali. La chimica vanta dunque uno status disciplinare ben caratterizzato di scienza di base con paradigmi autonomi a livello molecolare e macroscopico, ben riconoscibili nuclei concettuali forti ed una tecnologia in evoluzione. Per una comprensione completa della realtà naturale queste due scienze sono indiscutibilmente complementari

La fisica ci affascina con i caratteri estremi delle sue domande: sulla struttura della materia, nell'infinitamente piccolo e nell'infinitamente esteso; la chimica ci attrae verso la complessità della materia con le sue infinite conseguenze sulla realtà sensibile.

L'espansione delle conoscenze nella chimica e della fisica e l'intreccio di modelli e di metodi di indagine nello studio chimico e fisico della materia e delle sue trasformazioni non può non riflettersi nella didattica nelle scuole secondarie. In una formazione scientifica di base, non specialistica, necessariamente dev'essere nella scuola secondaria la separazione della fisica dalla chimica è un ostacolo alla visione d'insieme della realtà naturale. L'approccio didattico deve essere scelto guardando all'obiettivo.

Evidenziare il carattere trasversale e rifiutare una gerarchia delle discipline in generale ed in particolare della chimica e della fisica non è solo un obbligo di correttezza storica ma è anche una necessità di chiarezza epistemologica.

## CONCLUSIONI

La strada per l'attuazione delle riforme deve essere percorsa con il massimo di consenso da settori della società che stanno già affrontando con pena le difficoltà culturali ed economiche di un'evoluzione rapida e apparentemente incontrollabile: la famiglie in così strutturale, i giovani alla ricerca di punti di riferimento, i

docenti ristretti in uno status sociale inadeguato. E' infatti la collaborazione indispensabile nel triangolo famiglie - studenti - docenti che deve essere ricostituita, e ciò richiederà disponibilità a importanti mutazioni negli atteggiamenti reciproci.

E' ovviamente la scuola che avrà la massima responsabilità in questo processo, il monitoraggio delle sperimentazioni dei progetti di nuove offerte formative dovrebbe mostrare che le notevoli risorse finanziarie disponibili sono utilizzate con una notevole e sincera partecipazione dei docenti. Questa partecipazione dovrebbe essere ulteriormente incoraggiata da una maggiore pubblicità delle proposte e da segnali di attenzione e gratificazione da parte del mondo della cultura. Benché non si possa in questo momento che confidare sull'entusiasmo dei docenti, o almeno di quelli in cui, nonostante tutto, è rimasto il gusto dell'insegnamento, dobbiamo anche considerare che l'attuazione delle riforme prevede la realizzazione di un nuovo strumento per la formazione dei docenti: la Scuola di Specializzazione. Per la prima volta si potrà realizzare per tutte le discipline lo stesso criterio nella preparazione del docente, nelle sue componenti pedagogico - disciplinare e con il tirocinio nel laboratorio didattico e nella classe, la partecipazione diretta e pienamente responsabile degli Atenei, da parte di un certo numero di docenti universitari, una scelta culturale e una conseguente diversa programmazione dei propri obiettivi e del proprio lavoro. Non sembra infatti facile che si possa, con eguale dedizione fare ricerca scientifica disciplinare in competizione internazionale, elaborare e trasmettere i fondamenti della propria disciplina a studenti universitari, e insegnare ad insegnare la propria disciplina nelle scuole secondarie. Né è accettabile che il compito che il docente affronta nella Scuola di specializzazione sia considerato "sine cura". La proliferazione delle nuove professioni e la conseguente alta ed articolata specializzazione, frazionata e moltiplica la richiesta di percorsi didattici e di insegnamenti. Scuole di Specializzazione per l'insegnamento secondario, nuovi livelli e moltiplicazione e maggiore articolazione dei diplomi universitari aprono per il docente universitario una nuova problematica. E' possibile conciliare le esigenze di un impegno assai diverso da quello tradizionale di trasmissione delle conoscenze nel proprio specifico campo di ricerca, con l'esigenza di una didattica orientata al mondo del lavoro ed a una cultura generalista? Non saranno queste esigenze incompatibili? Non è necessario e urgente assicurare questa compatibilità rivalutando da un lato la ricerca didattica come insostituibile impegno culturale, e dall'altro rompendo gli isolamenti degli studi e dei laboratori disciplinari?

# Meriti e responsabilità della chimica per i cambiamenti intervenuti nella società e nell'ambiente durante il XX secolo

*Relazione al XI Convegno Nazionale dell'A.N.I.S.N.  
Palermo, 27-31 ottobre 1998  
(Atti, in Le scienze naturali nella scuola, anno VIII, n.13, pp.39-52)*

### 1. La chimica alla fine del secolo XIX: punto di partenza

Nel corso del secolo XIX la chimica aveva contribuito ad introdurre cambiamenti radicali nella vita delle società umane operando soprattutto alcune sostituzioni nei modi di produzione tradizionali di una grande varietà di materiali ricavati da fonti naturali: farmaci, prodotti per l'igiene e la cosmesi, tessuti, materiali per la costruzione di alloggi, di armi, di oggetti utili nella vita quotidiana. Per i bisogni dell'alimentazione aveva soprattutto introdotto nell'agricoltura l'impiego dei fertilizzanti, per restituire ai terreni coltivati elementi essenziali come l'azoto ed il potassio. Negli ultimi decenni del secolo esplosivi sintetici avevano cambiato radicalmente sia le attività minerarie sia l'organizzazione e le strategie di impiego degli eserciti e delle flotte, ed alcuni governi ne tutelavano la segretezza della produzione con estremo rigore. Sul piano della conoscenza, la scoperta di nuovi elementi aveva consentito di conoscere nuovi metalli come il palladio, il rodio, il cerio (1803), l'osmio e l'iridio (1804), il magnesio (1808), l'alluminio (1825), il vanadio (1830), alcuni dei quali avrebbero trasformato radicalmente la qualità e gli impieghi tradizionali del ferro, oppure introdotto nell'uso leghe e materiali destinati ad impieghi che non erano neppure immaginabili. Negli ultimi anni del secolo erano stati scoperti i gas nobili dell'aria, tra i quali

---

LEONELLO PAOLONI<sup>(\*)</sup>

---

l'elio (1895), e alcuni elementi radioattivi, tra cui il polonio ed il radio (1898), dei quali non era neppure ben chiara la natura delle proprietà. Nello stesso periodo i risultati della chimica hanno contribuito a modificare anche il contesto politico mondiale. Dopo la sconfitta definitiva delle armate napoleoniche, i rapporti di potenza economica e militare tra le monarchie europee partecipanti al Congresso di Vienna (1815), e poi tra gli stati nazionali sorti dai movimenti rivoluzionari del 1848 e 1860, cambiarono profondamente. I nuovi modi di produzione avevano sollecitato la ricerca delle materie prime anche fuori dai confini nazionali e continentali, da cui la spinta ad insediamenti coloniali in Africa ed in Asia, ed i conflitti connessi. Alla stessa causa va ricondotta la crisi rovinosa di quei gruppi sociali che traevano i propri mezzi di vita da produzioni divenute prive di valore perché sostituite con i processi di sintesi chimica: – dei contadini dell'Europa meridionale e dell'Asia minore che coltivavano le indigofere (colorante blu), la robbia (da cui si ricavava il rosso turco), il cartamo (gialli e rossi), ecc.; – dei pescatori di murici (dai quali si ricavava la porpora) nelle coste e nelle isole dell'Egeo e del medio oriente; – dei raccoglitori di salsola e piante marine nelle coste atlantiche e mediterranee (ceneri per i carbonati di sodio e di potassio); – degli zolfatari siciliani (zolfo, per la polvere nera fino al 1880 circa, e per l'acido solforico).

### 2. Le innovazioni del secolo XX

In questo contesto politico ed eco-

nomico si apriva il secolo XX sul quale porteremo la nostra attenzione considerando gli effetti delle innovazioni nei procedimenti produttivi caratterizzati da atti inventivi fondati su:

- la conoscenza della natura e delle proprietà degli oggetti costitutivi dei corpi materiali;
- la padronanza del comportamento di tali oggetti.

Sono queste acquisizioni cognitive dei chimici che, a mio avviso, hanno avuto un peso determinante nel cambiare le nostre condizioni di vita e nell'estendere il nostro rapporto oltre l'ambiente terrestre, fino a quello spaziale. Due le conquiste più significative:

- la conquista della velocità, che ha decuplicato la mobilità umana, conseguente alla capacità di controllare le condizioni dei movimenti molecolari nei processi di combustione.
- la conquista del benessere, che ha ricevuto un contributo notevole dall'innovazione chimica, determinante nei processi produttivi che hanno reso disponibili una immensa varietà di mezzi materiali.

Ecco i principali:

- farmaci – presidi igienici (nuovi antisettici, disinfettanti, detergenti per usi industriali e domestici, guanti a perdere, ecc) – contraccettivi – pesticidi e antiparassitari – fertilizzanti sintetici – armi chimiche (gas nervini) – solventi sintetici speciali (per l'impiego in vari settori produttivi, per la distribuzione di merci di consumo in forma di aerosol o *spray*, per disporre di basse temperature nella conservazione di alimenti) – fibre sintetiche – materie plastiche (materiali da costruzione, rivestimenti ignifughi, coperture stradali, protezione anticorrosiva, confezione e *packaging* di alimenti e bevande) – acciai speciali – leghe leggere – mate-

riali fotosensibili (stampa e fotocopiatici) – combustibili sintetici – leghe metalliche per l'elettronica (transistori) – catalizzatori – lubrificanti – combustibili nucleari – esplosivi nucleari.

Tutto questo complesso di produzioni ha posto vari problemi nel loro rapporto con gli insediamenti umani (dove avviene la produzione ed il consumo dei beni prodotti) e con l'ambiente naturale (dal quale si prelevano le risorse energetiche e le materie prime, e nel quale si immettono i rifiuti). Ne farò una sommaria rassegna.

### 3. Alcune conseguenze delle innovazioni

Le innovazioni elencate hanno influito profondamente sulle condizioni di vita sia individuali che collettive, man mano che le possibilità di fruizione e l'offerta di nuovi beni e servizi si estendevano ad un numero sempre maggiore di persone. Si pensi alla diffusione degli elettrodomestici (frigoriferi, lavatrici, apparecchi radio e televisivi, aspirapolvere, condizionatori, ecc.), alla disponibilità dei mezzi collettivi e individuali di trasporto, dei mezzi fissi e mobili di comunicazione scritta e verbale, alla produzione industriale dei capi di abbigliamento (annualmente centinaia di milioni di pezzi), ecc.

Queste ed altre innovazioni hanno accresciuto il consumo di energia, necessario sia per la fruizione dei beni e servizi di cui sopra, sia per la produzione e la trasformazione delle materie prime occorrenti. Nel nostro paese la produzione di energia elettrica e quella di energia termica e meccanica hanno utilizzato in misura assai modesta il sole, il vento, l'acqua (bacini idroelettrici), il lavoro animale ed i combustibili nucleari, poiché gran parte del fabbisogno energetico è stato soddisfatto usando combustibili fossili (petrolio e carbone). Tutti i rifiuti conseguenti ai consumi di energia, beni e servizi sono stati scaricati nell'ambiente naturale, con conseguenze che è difficile oggi valutare e che peseranno assai sia sul nostro futuro prossimo, sia su quello dei nostri figli, nipoti e generazioni a venire. Il ruolo della chimica in tutto questo è stato rilevante, e la percezione di questa responsabilità, oggi molto diffusa, ha deteriorato l'immagine delle attività produttive nelle quali essa è coinvolta.

### 3.1 – La contaminazione chimica dell'atmosfera

Nel 1957 il mondo fu sorpreso dalla notizia che un satellite artificiale, lo *sputnik*, ruotava intorno alla terra. Esso era stato lanciato realizzando un dispositivo nel quale tutte le molecole dei gas prodotti dalla combustione sono vincolate ad esercitare la spinta, in modo controllabile e continuo, in un'unica direzione. La realizzazione di un tale motore a combustione era stata sperimentata sin dalla fine degli anni 1930, e nel 1944 il professore Arturo Crocco ne aveva fatto materia di un corso nella facoltà di ingegneria dell'università di Roma. La costruzione di aerei che utilizzavano motori di tale tipo concluse la sua fase sperimentale verso la fine degli anni 1950, e nel corso del decennio successivo tutti i servizi di linea furono svolti con aerei nei quali i motori ad elica erano stati sostituiti da propulsori detti "a getto" (*jet propellers*), alimentati a cherosene. Questi nuovi aerei volavano a quote tra 11 e 13 chilometri con velocità prossima ai 900 km orari, più che doppia rispetto a quella possibile nella fase storica precedente. Centinaia di persone potevano percorrere in 7 ore la distanza tra Roma e New York!

L'immissione degli ossidi di azoto prodotti dalla combustione nella fascia inferiore della stratosfera suscitò preoccupazioni per la possibilità che essi, partecipando alla reazione che trasforma  $O_3$  in  $O_2$ , causassero nello strato stratosferico una diminuzione dell'ozono, che, assorbendo la radiazione ultravioletta, aveva reso possibile lo sviluppo ed il mantenimento della vita sulla superficie terrestre. Diversi studi condotti negli anni successivi, indicarono tuttavia che tale effetto degli ossidi di azoto era di modesta rilevanza. Nel contesto di queste ricerche si inserì nel 1974 l'osservazione di due studiosi americani, F.S. Rowland e M.J. Molina, che la distruzione dell'ozono era dovuta al cloro formato per decomposizione fotochimica di alcuni gas, (principalmente i due derivati del metano  $CCl_2F_2$  e  $CClF_3$ ), spesso detti "clorofluoro-carburi" ed abbreviati CFC, immessi nell'atmosfera attraverso l'uso dei dispositivi di nebulizzazione (*spray*) che liberano le sostanze attive in forma di aerosol (microcristalli dispersi in una fase gassosa). L'impiego di aerosol, avviato durante la guerra (1942) con l'impiego del DDT per proteggere dall'infezione malarica

le truppe operanti nelle zone dove questa era diffusa, ha caratterizzato abitudini di vita acquisite stabilmente in tutto il mondo dal decennio 1950 in poi. L'impiego dei CFC ha avuto nel corso degli anni una notevole estensione in settori industriali e commerciali assai diversificati, dai cosmetici alle vernici. La storia del problema posto da queste sostanze è più complessa di quanto comunemente ritenuto. Le osservazioni di Rowland e Molina, ampiamente confermate dalle ricerche successive, condussero gli USA ad emanare nell'agosto 1977, attraverso la *Environmental Protection Agency* (EPA) un *Clean Air Act* che imponeva un divieto quasi completo di usare i CFC per produrre gli aerosol, al quale si associarono il Canada e gli Stati Scandinavi. Veniva nel frattempo accertato che un contributo notevole all'immissione di CFC nell'atmosfera proveniva sia dalla produzione industriale delle schiume (usate come coibenti, materiali per tappezzeria e rivestimento, materassi, sigillanti, ecc.), sia dal loro uso come fluidi nel ciclo frigorifero degli impianti di conservazione di derrate alimentari deperibili e nei frigoriferi domestici, nei condizionatori, ecc.. La cessazione d'uso e la distruzione incauta di questi apparecchi, e le inevitabili perdite di fluidi frigoriferi nei dispositivi meccanici di compressione-espansione era una causa di entità paragonabile a quella degli *spray*. Le ricerche successive, in gran parte finanziate dall'amministrazione degli USA attraverso il *National Research Council*, determinarono altri provvedimenti parziali. La Comunità Economica Europea (CEE) tuttavia ritenne incerta e lacunosa l'evidenza scientifica raccolta dagli USA e decise di adottare soltanto alcune misure precauzionali: ridurre del 30% i quantitativi di CFC destinati al consumo rispetto a quelli del 1976; emanare codici di buona pratica industriale per evitare perdite accidentali negli impianti di refrigerazione, di produzione delle schiume espanse, ecc. Lo scopo dei provvedimenti, esposto nel Rapporto dell'Istituto Superiore di Sanità, 1985, paragrafo 1.2, fu di "... evitare che il problema si ingigantisca, congelando le capacità produttive dei CFC; contribuire ad una limitazione di eventuali danni ecologici senza incidere sugli investimenti industriali e sull'occupazione..."

Il coinvolgimento delle Nazioni Unite, deliberato dal Consiglio il 29 aprile 1980, costituiva lo *United Nations*

*Environment Program* (UNEP) attuando un programma di indagini e ricerche. Dopo questo la tappa successiva di maggiore rilevanza fu la convocazione di una conferenza internazionale tenuta a Vienna, con il sostegno del governo austriaco, dal 18 al 22 marzo 1985. Ad essa parteciparono, con il contributo di propri relatori, quasi tutti i paesi membri dell'ONU (esclusi 7 che si limitarono all'invio di osservatori). La conferenza si concluse con la redazione del testo di una "Convenzione per la protezione dell'ozono stratosferico" alla quale tutti i paesi furono invitati ad aderire attraverso una norma legislativa deliberata dai rispettivi parlamenti e/o governi. In Italia l'Istituto Superiore di Sanità preparò un convegno (26 giugno 1985) per informare sul problema gli organi della pubblica amministrazione e la pubblica opinione, ma nessuno dei giornalisti invitati partecipò e/o riferì sul tema (per il quale era stato predisposto un rapporto informativo).

La percezione dei problemi ambientali si è diffusa al punto che lo UNEP ha da tempo avviato uno specifico programma per lo studio del problema, aggravatosi frattanto a causa del diffuso impiego di bromocarburi come carica di impianti antincendio fissi e negli estintori carrellati e portatili. I cosiddetti *halon* (tipici il CBrClF<sub>2</sub>, noto come H-1211, ed il CBrF<sub>3</sub>, noto come H-1301) sono infatti assai più dannosi perché il bromo è 50 volte più attivo del cloro nel distruggere l'ozono. Il 16 settembre 1987, a conclusione di una conferenza internazionale convocata dallo UNEP allo scopo di trovare una soluzione, venne raggiunto un accordo, oggi noto come "Protocollo di Montreal", la capitale canadese dove aveva avuto luogo, con l'obiettivo a lungo termine di riportare l'ozono stratosferico ai livelli che aveva nel periodo pre-industriale. Sono così sorte in diversi paesi organizzazioni di monitoraggio e di ricerca che hanno standardizzato le procedure di misura del rilascio nell'atmosfera dei gas che distruggono l'ozono.

Tale "Protocollo", ratificato dall'Italia con la legge n.393 del 23 agosto 1988, ha fornito la base normativa di tutti i provvedimenti successivi ed in particolare della legge n.549 del 28 dicembre 1993. Dopo le decisioni assunte il 6 ottobre 1995 dal Consiglio dei ministri della Comunità Europea (CE), essa è stata modificata dal decreto-legge 10 febbraio 1996, n.56, al

quale è seguito il regolamento di attuazione emanato (con decreto del ministro dell'Ambiente e di quello dell'Industria, Commercio e Artigianato) il 26 marzo 1996. Questo regolamento ha fissato, per la "accettabilità" di qualsiasi nuova sostanza gassosa, i valori massimi degli indici di effetto serra (sulla prospettiva di 100 anni), di permanenza nell'atmosfera, e di impoverimento dello strato di ozono, *Ozone Depletion Potential* (ODP, sigla usata nel decreto). Le aziende del settore venivano obbligate a comunicare le giacenze degli *halon*, a presentare i piani per il loro smaltimento attraverso un consorzio dei centri di raccolta, ed a cessarne l'impiego al 31 dicembre 1998.

I firmatari del "Protocollo", nella riunione al Cairo del 24 novembre 1998, hanno tuttavia dovuto prendere atto che tale "programma di dismissione non risultava completato" a livello mondiale ed hanno adottato nuove decisioni. In base a queste, in Italia il decreto ministeriale del 10 marzo 1999 ha prorogato al 29 giugno 1999 la scadenza per presentare i piani di smaltimento, ed ha esteso al 31 dicembre 2000 la sostituzione degli *halon* con gas che rispettino i limiti fissati. Il decreto ha mantenuto l'esenzione da tali limitazioni per gli "usi critici", cioè l'impiego degli *halon* nei vani motore e di carico degli aerei civili e militari, nei vani motore dei mezzi navali militari, nella protezione delle piattaforme petrolifere. Per il bromuro di metile (usato come fumigante antiparassitario nei magazzini di cereali e nel terreno) è rimasta la già prescritta riduzione progressiva della produzione e del consumo rispetto ai valori dell'anno 1991, dimezzati al 1 gennaio 2005 e cessanti al 1 gennaio 2010.

Nella scelta dei materiali sostitutivi le ditte italiane si adeguano di fatto (anche per ragioni commerciali) alle norme di "accettabilità" per la salute umana e per l'ambiente adottate negli USA, dove la EPA (oltre ad aver imposto il recupero e/o il riciclaggio dei CFC) prescrive l'impiego del tetrafluoroetano CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub> come fluido frigorifero, del fluorometano CHF<sub>3</sub>, del fluoropropano CF<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub> o del perfluorobutano C<sub>4</sub>F<sub>10</sub> come gas estinguenti che, avendo un ODP pari a zero, non interferiscono con l'ozono. Inoltre la *National Fire Protection Agency* (NFPA) pone ulteriori restrizioni alle norme di impiego per ciascun gas ed alla progettazione degli impianti.

Il "Protocollo di Montreal" aveva come obiettivo il ripristino di una stratosfera simile a quella del periodo pre-industriale entro le prime due decadi del prossimo secolo. Rimane tuttavia come un ostacolo la mancata adesione a tale Protocollo della Cina e della Corea, paesi dai quali proviene oggi il 95% degli *halon* immessi nell'atmosfera. Determinando la frazione di essi che raggiunge la stratosfera ed il tempo medio della loro permanenza in essa (per lo H-1211 rispettivamente 88% e 16 anni), è stato possibile stabilire che il loro carico complessivo, espresso come *effective equivalent chlorine* (EECl) dopo aver raggiunto il valore massimo di 2240 parti per 10<sup>12</sup> nel 1993-94, era diminuito nel 1997 a 2150. I fluorocarburi hanno tuttavia, rispetto agli H-1211 e H-1301 che sostituiscono, indici di effetto serra più elevati (anche se tra 1/4 ed 1/10 del limite fissato dalla legge) a causa del lungo tempo di permanenza nell'atmosfera, che va dai 40 anni del CF<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub> ai 2600 del C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>.

L'impatto degli eventi connessi all'impiego dei CFC non ha interrotto le ricerche sul ruolo svolto anche dagli ossidi di azoto che, interferendo nelle calotte polari con processi sensibili alla temperatura, influenzano la perdita di ozono stratosferico. Nell'Artico le perdite di ozono sono state relativamente più elevate dal 1994 al 1997 poiché le temperature della stratosfera nei periodi invernali sono state inferiori a quelle dell'Antartico. L'andamento futuro di queste interazioni, ed il riscaldamento dell'atmosfera indotto dall'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub>, ha particolare rilevanza nella calotta artica e potrebbe spostare verso la fine del prossimo secolo il ritorno dell'ozono stratosferico ai livelli precedenti.

Due studiosi dei problemi dell'atmosfera, Paul J. Fraser (CSIRO Southern Atmospheric Research, Aspendale, Victoria, Australia) e Michael J. Prather (Earth System Science Department, Irvine, California, USA) hanno così commentato (1999) le vicende sopra riferite:

*La distruzione dell'ozono è l'aspetto negativo dell'esperienza fatta con i CFC. Ma per la scienza c'è anche un aspetto positivo - il grande progresso compiuto dalla chimica dell'atmosfera nei passati 25 anni, che ha avuto origine in parte dalla spinta scientifica e politica per la comprensione dei CFC e della perdita di ozono, ed in parte dallo studio dall'aumento rapido, anche se transitorio, degli idrocarburi sin-*

tetici. Per esempio, le prime misure sul CFC-11 [cioè CCl<sub>3</sub>F] lasciavano prevedere il suo impiego come un tracciante per seguire i movimenti interni dell'aria atmosferica, e di fatto esso è diventato un normale test per i modelli globali della chimica atmosferica (ed anche un indicatore diagnostico per la circolazione oceanica); (...) gli incidenti di inquinazione da CFC in Irlanda sono stati usati per calibrare sul continente europeo le emissioni di altri gas che causano l'effetto serra; ed infine lo studio del bromuro di metile CH<sub>3</sub>Br (come fumigante per raccolti e terreni) ha dimostrato l'importanza dell'oceano nel determinare la grandezza del tempo di residenza nell'atmosfera di tracce di un gas solubile, conducendo alla revisione del concetto di "potenzialità distruttiva verso l'ozono" dei gas che hanno un breve tempo di residenza nell'atmosfera.

Continua quindi l'impegno dei chimici per estendere la conoscenza dei dati del problema, per l'elaborare la legislazione e per controllare il rispetto delle normative.

### 3.2 – La contaminazione chimica del territorio

È stato accennato nel paragrafo precedente come l'impiego del DDT abbia fornito una protezione delle truppe anglo-americane operanti nelle zone malariche del bacino mediterraneo nel periodo 1942-1945.

La vicenda di questa malattia nel nostro paese offre un caso esemplare di gestione del controllo farmacologico della salute. La malaria, endemica in specifiche zone del nostro paese, rientra nella categoria delle malattie soggette all'obbligo di denuncia, e l'evoluzione che essa ha avuto nel periodo precedente l'introduzione del DDT può essere seguita attraverso i dati statistici concernenti i casi denunciati: La terapia antimalarica mediante il chinino era nota e praticata sin dal secolo XVIII. Nel decennio 1931-40 il

1901-1910	media annuale	214.745	–	Casi per 100.000 abitanti	643,2
1911-1920	“	“	–	“	“
1921-1930	“	“	–	“	“
1931-1940	“	“	–	“	“

quasi dimezzamento dei casi denunciati (in rapporto alla popolazione residente) fu il risultato di una decisione politica: la produzione del solfatodi chinina fu Monopolio dello Stato, la **somministrazione obbligatoria** ad alunni ed insegnanti nelle scuole delle zone malariche, sotto il controllo di un'infermiera scolastica specializzata (corsi provinciali per apprendere l'esame microscopico dello striscio), la distribuzione gratuita del chinino ai residenti. Anche la bonifica delle

zone malariche portò il suo contributo riducendo il numero dei capi infetti tra il bestiame bovino ed equino, deposito endemico del *Plasmodium* parassita.

Per il periodo successivo abbiamo disponibile solo il dato medio annuale riferito al decennio 1941-1950, comprendente gli anni della guerra, 41.950 casi, cioè la riduzione ad un terzo rispetto alle denunce fatte nel decennio 1931-1940. Ciò fu il risultato congiunto della legislazione precedente e dell'avvento del DDT. Il calo fu ancora più impressionante nel decennio 1951-1960, quando le denunce si ridussero a 21 (ventuno!). I dati sui casi denunciati in Italia, elencati qui di seguito, sono i valori totali di ciascun anno:

1961	19	casi
1966	24	“
1971	27	“
1973	40	“
1975	43	“
1976	139	“
1977	268	“
1979	188	“
1981	218	“
1983	229	“
1984	286	“

La enorme riduzione dei casi è conseguenza della bonifica chimica dei terreni paludosi in cui avviene il ciclo riproduttivo delle zanzare del genere *Anopheles*, le cui femmine trasferiscono il *Plasmodium* dagli animali all'uomo. A partire dal 1976 tuttavia i dati evidenziano una ripresa dei casi, con l'aumento stabile di un ordine di grandezza, dalle decine alle centinaia. Tra le cause, l'esistenza di zone popolate (fascia tropicale in Africa, Asia e Sud America) dove la malattia è rimasta endemica poiché il parassita riesce a compiere il suo ciclo vitale, e la mobilità planetaria di una parte della popolazione italiana.

Siamo così condotti ad esaminare un aspetto diverso dei problemi che ha posto l'impiego su scala planetaria dei pesticidi e degli antiparassitari.

La prima denuncia dell'inadeguata comprensione delle conseguenze della bonifica chimica di vasti territori fu fatta da Rachel Carson, studiosa presso i *National Institutes of Health* (Bethesda, Washington D.C., USA), attraverso il libro *Silent Spring* (*Primavera silenziosa*), pubblicato nel 1962 e diventato rapidamente famo-

so, nel quale erano spiegate le ragioni della scomparsa progressiva degli uccelli il cui canto allietava l'arrivo della primavera nei parchi e nei giardini di tante case americane. Accurate indagini avevano dimostrato che il DDT entrava nella catena alimentare degli uccelli che, cibandosi degli insetti morti, deponevano uova infconde.

Questo effetto tossico del DDT e degli antiparassitari di analoga struttura molecolare è ormai un dato acquisito, ed è stato lo stimolo per ricerche intese a trovare insetticidi meno dannosi per difendere la salute e per proteggere i depositi di cereali destinati alla produzione di derrate alimentari (fumigazione con bromuro di metile, citata in 3.1). Esse hanno avuto un parziale successo, riportando all'impiego almeno parziale dell'estratto di piretro (un crisantemo), mentre l'uso del DDT è ormai limitato, o vietato in alcuni paesi. L'accaduto ci ha insegnato che è più efficiente e meno rischioso intervenire con sostanze studiate e selezionate, caso per caso, per interrompere il ciclo riproduttivo degli insetti nocivi.

### 4 – Rapporto tra chimica e popolazione in un territorio

Vi è un altro aspetto delle responsabilità della chimica ancora scarsamente percepito, la cui rilevanza tuttavia potrebbe diventare dominante su tutti gli altri. Ad esso dedicherò il resto del mio discorso facendone una analisi, sia pure sommaria, delle conseguenze.

Mi riferisco alle prime tre voci dell'elenco conclusivo del paragrafo 2, cioè farmaci, presidi igienici e contraccettivi, produzioni marcatamente innovative che hanno avuto un peso notevole nel determinare l'**evoluzione storica delle popolazioni** in tutti i paesi.

All'inizio di questo secolo la popolazione mondiale era di 1,6 miliardi. Essa è raddoppiata nel 1960, quando superò di poco i 3, è cresciuta a 5 nel 1987, ed ha raggiunto 5,840 miliardi nel 1997. Il tempo di raddoppio della popolazione mondiale è passato, durante il secolo, da 60 a 37 anni. Il tasso di fertilità, nascite per 1000 abitanti, è di 23, con un numero medio di 2,9 figli per le donne da 15 a 49 anni. Se questi valori resteranno invariati la popolazione mondiale aumenterà a 6,9 miliardi nel 2010. Attualmente la parte della popolazione mondiale di età inferiore ai 20 anni è di 2 miliardi, ed in

questa il gruppo di età 15-19 anni, quello che ha raggiunto l'età feconda, è di oltre 400 milioni. La quota di essi che ha figli è appena l'1% nei paesi industrializzati, ma tocca il 18% nei paesi dell'Africa centrale (il 24% in Angola). Questi dati sono forniti dal *Population Reference Bureau*, PRB, una organizzazione privata non-profit, fondata nel 1929, con sede a Washington D.C., retta da un *Board of Trustees* nel quale sono rappresentati le diverse comunità ed interessi professionali del paese. Il PRB ha come scopo di raccogliere e rendere disponibili agli studiosi, ed agli enti di tutto il mondo che vi hanno interesse, informazioni demografiche controllate ed affidabili. Dal commento ai dati che esso ha pubblicato nel 1998 stralcio le osservazioni che seguono:

(pag.1) "...Dal 1900 al 1975 circa l'80% dell'aumento della popolazione mondiale è avvenuto nei paesi meno sviluppati; questi oggi vi contribuiscono per il 98%.

È fuori dubbio che la natalità a livello mondiale è destinata a diminuire. I demografi sono stati certi di ciò per decenni. Le cause variano da società a società, ma fattori quali il graduale processo di urbanizzazione, un'educazione migliore, ed una più bassa mortalità infantile, spesso contribuiscono molto ad accrescere il desiderio di famiglie più piccole. ...

Tuttavia anche se ciascuna coppia semplicemente rimpiazza se stessa avendo due bambini, la crescita della popolazione non si ferma subito. Di fatto, l'aumento della popolazione continua ancora per un certo tempo, crescendo della metà od anche più. La ragione di ciò è l'incremento che si verifica in una popolazione che ha un'elevata percentuale in età molto giovane e con livello assai elevato di gravidanze. Una popolazione molto giovane determina l'aumento della popolazione per un lungo periodo anche con natalità assai bassa poiché una elevata concentrazione di giovani comporta che un numero crescente di giovani raggiunga ogni anno l'età feconda...."

Per dare un'idea del significato di queste previsioni in termini concreti sulla scala temporale, la previsione dei demografi del PRB ci avverte che se il numero medio dei figli per ogni donna in età feconda si riducesse dal valore attuale 2,9 ad 1,6 la popolazione mondiale continuerebbe ad aumentare, raggiungendo il suo massimo di 7,7 miliardi nel 2050 e si dimezzerebbe, rispetto a questo valore, nel 2150. (pag.9) "... I tassi di natalità futuri dipendono moltissimo dalle decisioni che verranno prese oggi sui fattori che vi influenzano. La comunità mondiale, nella conferenza internazionale su "Popolazione e Sviluppo" tenuta al Cairo nel 1994, adottò un piano di azione per stabilizzare la

popolazione mondiale. Questo piano richiede un aumento degli investimenti per il progresso umano, soprattutto delle donne, nel corso dei prossimi 20 anni. In quella conferenza oltre 180 paesi furono concordi nel riconoscere che i fattori chiave per tale stabilizzazione sono una pianificazione familiare universalmente accessibile e la disponibilità di altri servizi per migliorare la salute delle donne e dei bambini, ed una accresciuta possibilità di educazione per donne e bambine."

Per esaminare il ruolo che ha avuto la tutela chimica della salute nell'evoluzione storica della popolazione alla quale apparteniamo vi propongo di considerare alcuni dati sul nostro paese, suddividendone l'esame in due periodi:

– 1901-1940, cioè gli anni precedenti e successivi alla prima guerra mondiale;

– il periodo 1951-1980, successivo alla seconda guerra mondiale.

#### 4.1 – La salute della popolazione italiana nel 1901-1940

I dati primari di questo periodo sono i seguenti:

##### 1) popolazione italiana censita:

nel 1901 era 33,8 milioni  
nel 1921 era 37,8 milioni  
nel 1931 era 41,0 milioni  
nel 1936 era 42,4 milioni

##### 2) mortalità infantile, media annua, nei decenni indicati:

nel 1901-1910 159,7 per 1000 nati vivi  
nel 1921-1930 122,6 " " "  
nel 1931-1940 103,9 " " "

##### 3) natalità media, per anno, nei decenni indicati:

nel 1901-1910 32,7 nati vivi per 1000 abitanti  
nel 1921-1930 27,2 " " "  
nel 1931-1940 28,2 " " "

##### 4) attesa (speranza) media di vita per i nati nei periodi indicati:

nel 1901-1910 attesa di vita 42,8 anni  
nel 1921-1930 attesa di vita 50,0 anni  
nel 1931-1936 attesa di vita 54,9 anni  
nel 1936-1940 attesa di vita 57,4 anni

Ricordando le vicende storiche di questo periodo (le guerre coloniali italiane, la guerra mondiale, e l'epidemia detta "spagnola") possiamo dire che in Italia nel corso del primo quarantennio del secolo XX si ebbe una riduzione della mortalità infantile del 35% e, malgrado la natalità fosse diminuita del 15%, vi fu un aumento di circa 9 milioni nella popolazione, la cui speranza di vita venne estesa di

oltre 14 anni. Di fatto l'età media dei morti fu più che raddoppiata, passando per i maschi da 23,5 a 56,4 anni e per le femmine da 26,4 a 59,4.

Tutto ciò fu ovviamente il risultato di un complesso di fattori (si pensi alle nuove macchine che utilizzavano energia termica, meccanica ed elettrica), poiché l'insieme delle innovazioni introdotte non era limitato a quelle che avevano la chimica come base. Per valutare il ruolo che questa ebbe attraverso l'introduzione di nuovi farmaci e presidi igienici, possiamo esaminare come cambiò nello stesso periodo l'andamento della mortalità globale ed il peso di alcuni grandi gruppi di cause di morte.

Ecco i dati statistici relativi ai primi quattro decenni del secolo:

##### 1) mortalità totale, medie annuali nel decennio:

Periodo	media	annuale	Valore
1901-1910			719.560
1911-1920	"	"	735.540
1921-1930	"	"	647.200
1931-1940	"	"	596.610

##### 2) quota di mortalità causata da malattie infettive e parassitarie, medie annuali nel decennio:

Periodo	media	annuale	Valore
1901-1910			114.960
1911-1920	"	"	145.370
1921-1930	"	"	102.460
1931-1940	"	"	75.870

I dati del decennio 1911-1920 mostrano che l'incremento del valore medio annuale, pur essendo connesso al numero dei caduti nei quattro anni del conflitto (oltre seicentomila), fu dovuto in misura non secondaria anche alle infezioni ed ai fenomeni epidemici connessi (la già ricordata "spagnola"). Il confronto più rilevante è quello tra i dati del decennio iniziale e quelli del decennio finale: la mortalità totale si ridusse del 17%, ma quella dovuta a cause infettive e parassitarie diminuì del 34%, ossia del doppio. Che questo fatto sia stato soprattutto conseguente al controllo farmacologico ed igienico delle cause di morte viene confermato dal dato relativo, rapportato cioè all'entità della popolazione (il cui incremento fu del 26,5%): il numero medio di morti per malattie infettive e parassitarie che nel decennio 1901-1910 era stato di 344,8 per 100.000 abitanti scese a 177,3 ossia diminuì del 48,6%.

Una conferma di questa deduzione viene dai dati statistici sulle malattie soggette a denuncia obbligatoria: la media annuale di 39.300 casi di tifo e

paratifo denunciati nel decennio 1901-1910 segna una riduzione modesta in apparenza rispetto alla media di 33.400 casi denunciati nel decennio 1931-1940. Quando tali valori sono rapportati alla popolazione residente, essi scendono da 118,1 a 78,1 per 100.000 abitanti, ossia l'incidenza media delle malattie infettive diminuì del 33,9%. Un fattore nuovo, divenuto tuttavia operante solo verso la fine del decennio, fu la scoperta dell'attività antibatterica dei sulfamidici, che ebbero un discreto controllo su tali malattie. Molto meno efficace fu la terapia farmacologica sulla difterite, caratterizzata da cicli epidemici nei quali i casi denunciati oscillarono tra 80 e 44 per 100.000 abitanti.

#### 4.2 - La salute della popolazione italiana nel 1951-1980

Il quadro cambia notevolmente quando si passa ad esaminare i dati relativi agli anni immediatamente successivi al secondo dopoguerra, caratterizzati dalla innovazione farmacologica introdotta negli ultimi anni del conflitto mondiale, la penicillina, cui fece seguito la streptomina, i capostipiti di una nuova categoria di farmaci: gli antibiotici. Oggi essi sono prodotti combinando la coltivazione (sommersa, in appositi brodi di coltura) di miceti selezionati allo scopo, con i processi necessari per l'estrazione del prodotto attivo. La chimica ha un ruolo determinante nella produzione dei nutrienti per i brodi di coltura, dei solventi necessari per estrarre, purificare, ed eventualmente modificare, l'antibiotico al fine di superare le barriere sviluppate dalla resistenza selettiva dei ceppi batterici, ed infine un ruolo minore nella distribuzione fino al consumo individuale.

Per valutare come gli antibiotici hanno influito sull'evoluzione della popolazione italiana nel periodo in esame dobbiamo fare riferimento ai dati statistici primari, che sono i seguenti

##### 1) popolazione italiana censita:

nel 1951 era 47,5 milioni  
 nel 1961 era 50,6 milioni  
 nel 1971 era 54,1 milioni  
 nel 1981 era 56,6 milioni

##### 2) mortalità infantile media negli anni indicati:

nel 1951	66,6	per 1000	nati vivi
nel 1956	48,8	"	" "
nel 1961	40,7	"	" "
nel 1966	34,7	"	" "
nel 1971	28,5	"	" "

nel 1976	19,2	"	"	"
nel 1981	14,1	"	"	"

##### 3) natalità media annuale nei periodi indicati:

nel 1951-1955	17,9	nati vivi per	1000 abitanti
nel 1956-1960	17,7	"	"
nel 1961-1965	18,7	"	"
nel 1966-1970	17,4	"	"
nel 1971-1975	15,9	"	"
nel 1976-1980	12,6	"	"

##### 4) attesa (speranza) media di vita per i nati nei periodi indicati:

nel 1951-1960	attesa di vita 65,5 anni
nel 1961-1970	attesa di vita 69,8 anni
nel 1971-1976	attesa di vita 71,9 anni
nel 1976-1980	attesa di vita 73,9 anni

##### 5) mortalità media annuale nei periodi indicati:

nel 1951-1960	9,6	morti per	1000 abitanti
nel 1961-1970	9,7	"	"
nel 1971-1975	9,7	"	"
nel 1976-1980	9,7	"	"
nel 1981-1985	9,5	"	"

Il primo risultato che emerge da questi dati è l'incremento di circa dieci milioni nella popolazione durante un trentennio nel quale il tasso di mortalità è rimasto quasi costante e quello di natalità è diminuito del 70%. Il cambiamento radicale è avvenuto nella mortalità infantile, **ridotta di ben 4,7 volte**. L'altro fatto nuovo rilevante è l'accresciuta vita media che si può quantificare attraverso l'età media dei morti, una analisi in cui è opportuno fare distinzione di sesso, poiché la longevità femminile è mediamente cresciuta più di quella maschile. I dati statistici sull'**età media dei morti** sono:

	1951	1961	1971	1976	1981
maschi	65,7	67,7	69,5	70,8	71,8
femmine	69,2	72,9	75,6	77,1	78,2

Nell'arco del trentennio considerato la durata media della vita è quindi cresciuta di circa il 10%, con un guadagno della longevità femminile rispetto a quella maschile che è passato dai 3,5 ai 6,4 anni. L'analisi delle cause di morte, condotta in base al numero di morti per 100.000 abitanti negli anni di testa del decennio, fornisce ulteriori interessanti informazioni:

	1951	1961	1971	1981
malattie infettive	61,3	25,9	15,9	5,8
tumori	122,2	154,6	190,5	212,7

In corrispondenza si è avuto un aumento della speranza di vita alla nascita, ancora diversa per i due sessi (valori medi dei trienni dal 1950-52 al 1980-82):

maschi, anni	63,7	67,2	69,0	70,6
femmine, anni	67,2	72,3	74,9	77,2
media (M & F)	65,5	69,8	71,9	72,8

La conferma del ruolo dei nuovi farmaci è fornita, con un'evidenza difficilmente confutabile, dalla analisi statistica del peso delle malattie infettive come causa di morte, la cui incidenza è diminuita in trent'anni di **10,6 volte**. Se poi si fa riferimento ai dati del periodo iniziale del secolo (par.3.1) si vede che la loro incidenza è stata ridotta di **57 volte** rispetto alla media del decennio 1900-1910 e di **30 volte** rispetto a quella del decennio 1931-1940. Questa enorme riduzione del numero dei morti per malattie infettive evidenzia il ruolo degli antibiotici, la cui efficienza nel controllo della loro diffusione e morbilità risulta triplicata rispetto a quella dei sulfamidici.

La speranza media di vita (M & F) che nel 1910-12 era stata di 46,9 anni, e che era salita nel 1930-32 a 54,9 anni, aveva visto i morti per tumore aumentare da 64,0 a 85,6 su 100mila abitanti. Il quadro è cambiato in modo radicale non solo rispetto al primo trentennio del secolo, ma anche nel corso del trentennio 1951-1980, nel quale il numero dei morti a causa dei tumori è cresciuto di 1,7 volte. Deve quindi essere considerato un dato inevitabile che il controllo farmacologico ed igienico sulle malattie infettive, facendo aumentare il numero degli individui che invecchiano, abbia accresciuto l'incidenza delle malattie degenerative sulla mortalità. Benché le cause dell'insorgenza dei tumori restino tuttora ignote, l'aumento indica che l'invecchiamento, riducendo le difese immunitarie individuali, è certamente uno dei fattori dominanti.

#### 4.3 - Considerazioni conclusive

Come conclusione di questo capitolo riferisco i dati del 1998 tratti dalla sopracitata pubblicazione del PRB. La popolazione italiana, 57,7 milioni, ha una crescita zero poiché il tasso di natalità ed il tasso di mortalità hanno identico valore, 9 per mille abitanti. Il 15% della popolazione ha età inferiore a 15 anni, il 17% età superiore a 65 anni. La speranza media di vita alla nascita, 75 anni per i maschi e 81 per

le femmine, lascia prevedere una popolazione di 57,5 milioni nel 2010 e di 54,8 milioni nel 2050. Una su cento delle donne tra 15 e 19 anni ha figli. Solo 20 dei 42 paesi europei inviano alla Divisione Popolazione delle Nazioni Unite informazioni statistiche ufficiali sull'uso di contraccettivi; l'Italia non le fornisce. Ufficialmente il governo italiano considera soddisfacente la nostra condizione demografica.

Il concetto statistico di *densità distributiva* delle popolazioni umane è correlato al dato della *superficie coltivabile*. Posto in relazione con l'organizzazione degli insediamenti, tale concetto limita il numero delle variabili a valore arbitrario (disponibili per le scelte individuali), poiché dipende dalle risorse di un dato ambito territoriale e pone problemi, di *regole* e di *governo delle dimensioni di una comunità*, che incidono sul modo stesso di concepire i diritti ed i doveri dei singoli sia in rapporto alla comunità in cui vivono, sia in rapporto alla convivenza delle diverse comunità.

Alcuni dati comparativi utili per concludere il nostro discorso sono la densità media della popolazione italiana, 196 abitanti per chilometro quadrato, con una quota urbanizzata che raggiunge il 67%, la più alta nei paesi dell'Europa meridionale. Un'aliquota di urbanizzazione simile o superiore alla nostra, nei paesi europei con popolazione paragonabile ( $\pm 20\%$ ) si ha in: Gran Bretagna, 90; Francia, 74; Germania, 85; Ucraina, 68.

Una misura statistica delle risorse è data dal prodotto interno lordo (PIL) pro-capite. Per l'Italia, nel 1996, esso è stato di \$ 19.880, il più alto dell'Europa meridionale. I valori medi delle altre regioni europee sono: Europa settentrionale \$ 20.320; Europa occidentale \$ 28.250; Europa orientale \$ 2.350. Fuori del nostro continente i paesi che hanno avuto nel 1996 un PIL pro-capite pari o superiore al nostro sono: USA, \$28.020; Canada, \$ 19.020; Australia, \$ 20.090; Giappone \$ 40.940; Hong Kong, \$ 24.290; Singapore \$ 30.550.

Questi dati inducono ad alcune riflessioni che pongono diverse domande. Ad esempio: – come decidere la dimensione numerica ottimale di un dato insediamento umano? ovvero, il diritto alla riproduzione è individuale o vincolato a decisioni della collettività? – come decidere se è conveniente spostare gli insediamenti dove esistono le risorse, oppure far spostare i singoli individui? – a chi spetta il controllo (pos-

so) di determinate risorse? – a chi appartiene l'aria atmosferica, l'acqua dei mari, lo spazio interplanetario?

In tutti questi ambiti l'educazione chimica ha un ruolo da svolgere nel ciclo primario e secondario dell'istruzione, per dare una risposta, sia nella parte detta dell'obbligo scolastico e nella parte opzionale della formazione.

Vi è infine un ultimo aspetto dei meriti della chimica: il contributo che essa dà, sia come scienza che come tecnologia, allo sviluppo della conoscenza scientifica in altri settori disciplinari, ad esempio la biologia molecolare (mutazioni genetiche controllate). In questo ambito opera l'istruzione superiore, per l'esercizio di professioni specialistiche, nelle quali a mio avviso il nostro paese ha alcuni squilibri che vanno corretti. Ad esempio: – in nessuna università europea o del continente americano, nord e sud, esiste una dominanza degli iscritti alle facoltà giuridiche come quella che si registra in Italia; – la formazione degli insegnanti disciplinari per la scuola superiore manca ancora di uno specifico canale formativo. Ma questo è un discorso che va fuori del tema trattato.

## Bibliografia

### Fonti dei dati statistici:

ISTAT: *Le regioni in cifre*, Istituto Centrale di Statistica, Roma, volumi del periodo 1976-1986 (comprendenti i dati storici). Istituto della Enciclopedia Italiana: *Rapporto sulla popolazione in Italia*, Roma 1980 ISTAT: *Rapporto sull'Italia*, Il Mulino, Bologna (ediz. 1996 e 1998) Population Reference Bureau: *1998 World Population Data Sheet*, Washington DC, USA

### Fonti sul problema dell'ozono stratosferico:

La trattazione di questo problema è stata ampliata in occasione della ripubblicazione

su *CnS*, in conseguenza del DM 10 marzo 1999, "Proroga dei termini per la dismissione di gas halons", *Gazzetta Ufficiale* 30 aprile 1999, pp.20-21.

National Research Council: *Causes and Effects of Stratospheric Ozone Reduction*, National Academy Press, Washington DC 1982

Istituto Superiore di Sanità: *La protezione della fascia stratosferica di ozono*. Roma, giugno 1985

P.S.Zurer: "Antartic Ozone Hole: Complex Picture Emerges", *Chemical & Engineering News*, vol.65(1987), N.44, pp.22-26

B.Hileman: "Phaseout of CFCs leads to unexpected difficulties", *Chemical & Engineering News*, vol.76(1998), N.48, p.21

A.E.Waibel & als.: "Arctic ozone loss due to denitrification", *Science*, vol.283(1999), pp.2064-2069

P.J.Fraser, M.J.Prather: "Atmospheric chemistry. Uncertain road to ozone recovery", *Nature*, vol.398(1999), pp.663-664

S.A.Montzka & als.: "Present and future trends in the atmospheric burden of ozone-depleting halogens", *Nature*, vol.398(1999), pp.690-694

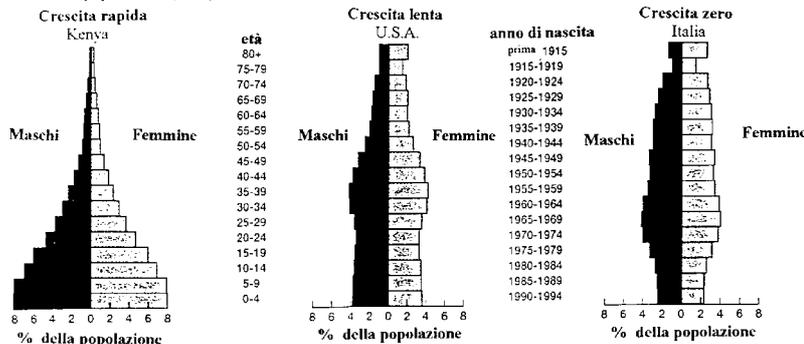
United Nations Environmental Program, UNEP: *Ozone Secretariat*, accessibile al sito web: [www.unep.ch/ozone/home.html](http://www.unep.ch/ozone/home.html)

## Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare il Prof. Andrea Di Martino, Presidente della Sezione ANISN di Palermo e del Comitato Organizzatore del Convegno, e la Direzione della rivista per aver consentito la ripubblicazione della relazione.

Un grazie ancora al Dr Antonino Bono che ha cortesemente fornito i dati tecnici sui fluorocarburi sostitutivi degli *halon* impiegati nello stabilimento della ditta SARE SUD SpA di Palermo (associata al "Consorzio Ambiente e Sicurezza" di Roma, che è titolare dell'accordo con i ministeri dell'Ambiente e dell'Industria per il programma di smaltimento degli *halon*).

Piramidi della popolazione (1995)



147 stare gli insediamenti dove esistono le risorse, oppure far spostare i singoli individui? – a chi spetta il controllo (pos-

Analisi comparata sulla composizione della popolazione per età e sesso, basata sul confronto tra Kenya, USA, Italia (pp.26-34).

J.A. McFalls: "Population: A Lively Introduction", *Population Bulletin*, vol.53 (1998), n.3.

## L'ENERGIA

### Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica

Parte terza:

Un approccio sistemico e modellistico per introdurre il concetto di energia

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

#### Abstract

*In this article a new approach is proposed to introduce the concept of energy to pupils 14 - 16 years old. After a short analysis of the different meaning of energy in the context of physical, biological and social sciences, the formation of concepts (school context) and their learning (school context) are discussed and the difference between categorial and formal concepts is stressed. The analysis of the content of a few textbooks stresses the inadequacy of the usual approach to the concept of energy in the domain of physical sciences. A systemic and modelistic approach is then proposed, based on the research by Lemeignan and Weil-Barais, to introduce the concept of energy in a qualitative way and it is stressed that through this approach it is possible to distinguish energy from transfer of energy (heat, work and radiation).*

#### 1 - ENERGIA E CAMPI DISCIPLINARI

Nei programmi ministeriali (1979) per la scuola media inferiore le indicazioni di lavoro relative all'insegnamento del concetto di energia sono le seguenti:

**Tem:** *Progresso scientifico e socie-*

\* Dipartimento di Chimica Analitica, Via Pietro Giuria, 5 10125 - Torino

(\*\*) ITIS "Quintino Sella", via Rosselli 2, 13900 Biella

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

Gruppo di Didattica della Chimica Università di Torino

---

EZIO ROLETTO (\*)  
ALBERTO REGIS (\*\*)  
GIANNI CONDOLO (#)

---

*tà - Contenuti riferiti ai temi: Energia*

**Indicazioni di lavoro (a titolo esemplificativo):** *Il concetto di energia interviene in tutta una serie di fenomeni studiati nell'ambito delle diverse aree; tali fenomeni possono essere esaminati e via via sistemati in un corso triennale, andrebbe ripreso e arricchito con nuovi esempi di trasformazioni energetiche, in modo da far giungere gli alunni ad una sufficiente comprensione del concetto di energia. Dovrà emergere la rilevanza economica e sociale della produzione e del consumo di energia, vista in un contesto storico.*

Sembra di capire che il concetto di energia dovrebbe emergere come aspetto comune di una serie di fenomeni appartenenti a campi disciplinari diversi. In effetti, l'energia è un concetto pluridisciplinare e polisemico: viene infatti usato in vari contesti disciplinari nei quali però assume significati differenti. Tre sono i gruppi di discipline nei quali il concetto di energia gioca un ruolo importante: le scienze della materia, le scienze della vita e le scienze sociali.

#### 1.1 - LE SCIENZE DELLA MATERIA

E' nell'ambito della fisica che il concetto di energia si è strutturato attraverso lo studio e l'interpretazione dei fenomeni meccanici e termici, come si è messo in evidenza nel primo articolo di questa serie [1]. L'idea che hanno oggi i fisici dell'energia può essere sintetizzata in questa frase: "una

quantità che non cambia nelle molteplici trasformazioni che avvengono nell'universo". Si tratta di un principio matematico, di un concetto fondamentale di tutta la fisica dell'interazione, costruito sulla base di due postulati: il primo, relativo alla *conservazione* dell'energia, afferma che la **quantità** di questa nell'universo rimane costante; il secondo, relativo al *trasferimento* ed alla *degradazione* dell'energia, sostiene che quest'ultima, ogni volta che viene scambiata, perde di **qualità**.

Il concetto di energia proprio della scienza della materia è ben lontano dall'idea di energia che si trova nel sapere comune. Si pensi a quanto possa sembrare strana l'idea di conservazione ad un automobilista che sborsa fior di quattrini ogni volta che fa il pieno di carburante. Il problema è complicato dal fatto che, nel linguaggio quotidiano, si parla comunemente di energia meccanica, termica, elettrica, ecc. come se esistessero tutte queste "forme" di energia. Questo modo di esprimersi è funzionale al settore tecnico, in quanto i trasferimenti di energia avvengono nell'ambito di trasformazioni e di fenomeni di tipo meccanico, termico, elettrico, ecc..... Per un fisico e per un chimico, ogni sistema possiede una propria **energia interna** che può mutare anche se il sistema non muta la propria posizione nello spazio. Per interpretare un ampio spettro di trasformazioni di un sistema, si può utilizzare il modello particellare della materia, in base al quale ogni sistema viene immaginato come costituito da un insieme di particelle. Una parte dell'energia interna di un sistema viene riferita alle attrazioni e repulsioni tra le varie particelle che lo compongono: la somma delle energie che le particelle possiedo-

no in virtù della posizione che occupano in questo campo di forze, viene definita **energia potenziale** del sistema. L'altra parte dell'energia interna di un sistema, quella **cinetica**, è attribuita ai vari tipi di moto che le particelle del sistema possono effettuare: si possono spostare nello spazio a loro disposizione, possono ruotare su se stesse in vario modo, possono vibrare, ecc.. Non tutte le particelle hanno la stessa velocità: maggiore è la loro velocità media, maggiore sarà la temperatura del sistema. Quest'ultima è dunque da mettere in relazione con la sola energia cinetica del moto disordinato delle particelle del sistema.

Utilizzando il modello particellare della materia, si ha anche la possibilità di interpretare ogni scambio di energia di un sistema come energia acquistata o ceduta dalle particelle che lo costituiscono. Se il moto delle particelle avviene con un certo ordine, per esempio le particelle si muovono tutte in una direzione privilegiata, il sistema trasferisce energia *anche in modo lavoro*; se invece, il moto delle particelle è completamente caotico, il sistema trasferisce energia *solo in modo calore*. Quindi le particelle di un sistema possiedono solo energia di tipo potenziale e cinetico; quest'ultima, a seconda del modo in cui viene trasferita, può essere intesa come calore o come lavoro.

Ogni sistema, collocato in un determinato contesto, possiede dunque una determinata energia interna. Un atomo e una galassia possiedono un'energia interna. Se il sistema è isolato, la sua energia interna è costante; se il sistema interagisce con un altro sistema, l'energia interna varia in seguito a trasferimenti di energia tra sistemi interagenti. Quando l'energia trasferita viene associata ad un fenomeno meccanico si parla di lavoro meccanico, per esempio quando un sistema si muove nello spazio a causa di una forza ad esso applicata; se invece il fenomeno associato è di tipo elettrico, si parla di lavoro elettrico. Quello che viene comunemente chiamato trasferimento di energia per irraggiamento viene interpretato come interazione tra radiazioni elettromagnetiche e particelle costituenti la materia. Nell'ambito di un discorso tecnico, è lecito parlare di diversi tipi di energia in quanto si fa riferimento alle tecniche di trasformazione, ma tale modo di esprimersi può portare a confondere un concetto scientifico fon-

damentale, l'energia, con le tecniche di trasformazione implicate (meccanica, chimica, ecc..) oppure con i modi in cui questa energia viene trasferita (lavoro, calore).

### 1.2 - LE SCIENZE DELLA VITA

In fisica e in chimica, l'energia è vista soprattutto come una entità trasferibile tra sistemi in interazione e risulta abbastanza facile delimitare un sistema per studiarne, anche solo da un punto di vista qualitativo, gli apporti e le cessioni di energia. Nel caso dei sistemi viventi, la maggior parte degli eventi biologici sono determinati da scambi di materia ed energia tra esseri viventi ed ambiente. Risulta quindi fondamentale identificare le **sorgenti** di energia, per esempio precisando quali alimenti ne forniscono di più, ed i **serbatoi** nei quali può essere accumulata e conservata, fegato e tessuti adiposi a livello di organismo o le molecole di ATP a livello cellulare. La padronanza dei concetti di materia ed energia è quindi essenziale per poter affrontare conoscenze di una certa complessità come la fotosintesi, le trasformazioni ed i trasferimenti di energia negli organismi viventi, i flussi di energia e i cicli della materia in un ecosistema.

### 1.3 - LE SCIENZE SOCIALI

L'energia occupa un posto importante nell'ambito delle scienze sociali in quanto entra in gioco in tutti i problemi di natura economica relativi al lavoro e alla produzione. Acquistano quindi un rilievo particolare le problematiche legate a produzione, conservazione, commercio e controllo delle risorse energetiche: l'energia assume un aspetto "materiale", diventa una "cosa" che viene consumata quando si realizza una qualche trasformazione. Nel campo della ricerca, accanto agli studi di tipo economico e storico, che possiamo classificare come "tradizionali", si stanno sviluppando analisi di tipo "ecoenergetico" che si richiamano ad un punto di vista ecologico. In esse, l'energia viene considerata come un fattore che contribuisce a strutturare e ad organizzare i sistemi economici e sociali, permettendo così di analizzarne e descriverne il funzionamento.

Questa breve analisi dei settori disciplinari in cui il concetto di energia gioca un ruolo importante mette in evidenza i significati profondamente diversi che esso assume nei diversi

ambiti. Al limite, potremmo dire che i concetti di energia cui fanno riferimento un fisico, un biologo ed un economista hanno in comune unicamente il termine energia.

Nei programmi ministeriali si parla di *progresso scientifico e società*; di *trasformazioni energetiche*; di *rilevanza economica e sociale*. Vi è quindi un espresso invito ad affrontare il problema dell'energia dal punto di vista concettuale (progresso scientifico), tecnico (trasformazioni energetiche) e sociale e quindi ad adottare un approccio pluridisciplinare nel quale dovrebbero essere coinvolte discipline quali le scienze sperimentali, la storia, la geografia, l'educazione tecnica. Le indicazioni di lavoro invitano ad esaminare una serie di fenomeni appartenenti ad aree diverse, a sistemarli in un corso globale e ad arricchirli con ulteriori esempi di trasformazioni. Si tratta di indicazioni che rimandano all'idea che l'analisi di situazioni diverse possa fare emergere il concetto di energia. E' questa una questione controversa, per rispondere alla quale conviene soffermarsi sull'idea di concetto, ossia sul "concetto di concetto".

## 2 - I CONCETTI

Interrogarsi sui concetti significa, in primo luogo, chiedersi come questi si formino, ossia analizzare il processo di concettualizzazione. In secondo luogo, ed in base alle risposte date alla domanda precedente, chiedersi a quali strategie pedagogiche convenga ricorrere per favorirne l'apprendimento. Per quanto riguarda la prima domanda, la formazione dei concetti può essere vista da due punti di vista: psicologico ed epistemologico [2].

### 2.1 - IL PUNTO DI VISTA PSICOLOGICO

Si può assumere come punto di partenza storico la filosofia greca. Uno dei punti più importanti per i filosofi greci era la natura dei concetti, chiamati anche "universali". Secondo Platone, il mondo degli oggetti concreti, delle cose individuali non era degno dell'attenzione del filosofo il quale doveva riservare la propria attenzione ai concetti, agli universali. "Questo sasso è rotondo" - ossia questo particolare sasso ed il suo essere tondo sono cose di nessuna importanza per il filosofo. Soltanto gli universali, ossia i concetti di "sasso" e di "rotondo" sono importanti per lui, in quanto solo di questi, e dei relativi rapporti, è possibile avere una chiara

conoscenza. Il mondo fenomenologico è pieno di incertezze ed approssimazioni, a causa dell'intervento dei sensi; il mondo delle idee, dei concetti è l'unico che possieda elevato grado di certezza. A questa posizione, che certamente non dava alcun impulso all'esplorazione ed alla conoscenza del reale, reagì Aristotele il quale sostenne che solo osservando il mondo quale effettivamente è si ha la possibilità di conseguire la conoscenza dei concetti e delle loro interrelazioni. Per Aristotele dunque la via della conoscenza passa per l'osservazione; egli è, da questo punto di vista, un empirista, mentre Platone può essere considerato un idealista. Per capire il punto di vista di Aristotele a proposito dei concetti, occorre precisare brevemente le sue idee a proposito di "sostanza" e "accidenti". Secondo Aristotele, vi sono due tipi di "sostanze": le sostanze primarie, che corrispondono grosso modo ai singoli oggetti (per esempio, *questo cavolo*, *questo sasso*, *questa cane*, ecc.); le sostanze secondarie, chiamate anche universali, che corrispondono ai *generi* di cui le sostanze primarie sono singoli rappresentanti (per restare nell'esempio, sono sostanze secondarie: *cavolo*, *sasso*, *cane*, ecc.). Secondo Aristotele, la scienza deve interessarsi delle sostanze secondarie e delle loro relazioni; in altre parole, la scienza deve interessarsi dei concetti e dei rapporti che li legano.

Ma come si arriva ai concetti? Molto brevemente, la teoria elaborata da Aristotele a proposito della concettualizzazione si può così riassumere. Le "cose" esistenti, le sostanze primarie, sono molteplici e multiformi e la mente ha la facoltà di isolare i tratti salienti comuni ad un certo numero di queste. Secondo il filosofo ateniese, i concetti vengono elaborati mediante un processo di decontestualizzazione o di astrazione che consiste nell'analizzare la molteplicità degli oggetti; nell'isolare in questi le caratteristiche particolari ossia gli *attributi essenziali* che distinguono un oggetto dagli altri e la relazione che li lega; nel raggruppare nello stesso insieme quegli oggetti che possiedono un certo numero di attributi essenziali o comuni. Secondo questo punto di vista *realista*, i concetti fanno parte della realtà, in quanto è attraverso il confronto tra soggetto pensante e cose a lui esterne

che vengono isolati ed estratti gli elementi comuni permanenti che queste contengono.

La concezione aristotelica si è trasmessa fino ai nostri giorni. Infatti nell'ambito della teoria psicologica della concettualizzazione, è ancora questa la procedura di elaborazione dei concetti, applicata non più agli oggetti empirici, ma alle loro rappresentazioni mentali. Si ha dunque un mutamento di contesto, in quanto si passa dal piano fenomenologico a quello della psiche, ma ciò non influisce sull'andamento globale e sulla struttura del processo di concettualizzazione.

Per distinguere una relazione di attributi da un'altra, si ricorre ad un *nome*, che costituisce il simbolo arbitrario o *etichetta* con la quale è possibile riunire nella stessa classe o categoria tutti gli esempi che possiedono la stessa combinazione di attributi essenziali, quali che siano le loro differenze al di fuori di questi. Per esempio, il concetto di triangolo può essere formulato in questo modo: figura geometrica, corrispondente ad una porzione dello spazio piano, delimitata da tre segmenti di retta che formano tre angoli. Come si vede, questa definizione rimanda ad un altro concetto, quello di figura geometrica (descrivibile mediante attributi) e ad un certo numero di attributi visibili: spazio piano, segmenti ed angoli che possono anche essere contati e misurati. I concetti così formati possono essere organizzati in modo gerarchico, per categorie e sottocategorie, in base alla loro specificità, legata al numero di attributi essenziali. Quanto più questo numero è alto, tanto più il concetto è specifico e tanto più ridotto è il suo contenuto: cane, mammifero, animale, essere vivente costituiscono differenti livelli di concettualizzazione.

Alcuni psicologi hanno sostenuto che i concetti sono generalmente rappresentati in memoria da un esempio "medio" della categoria in oggetto. Questo esempio medio funziona da *prototipo*, in quanto in esso sono riuniti gli attributi più importanti del concetto. La natura del prototipo al quale un soggetto fa riferimento varia in funzione delle sue esperienze personali, essendo fortemente influenzato dal contesto socioculturale. Per l'analisi psicologica, dunque, il concetto è una rappresentazione o un elemento rappresentativo, legati l'una e l'altro per associazione ad una immagine verbale o ad un altro segno sensibile.

I concetti ottenuti con il processo di astrazione sono chiamati *empirici* o *categoriali*, in quanto si tratta di concetti propri delle scienze che si dedicano alla descrizione ed alla classificazione del reale.

## 2.2 - IL PUNTO DI VISTA EPISTEMOLOGICO

Vi sono concetti che non sono concepibili come prodotti di un'attività di astrazione empirica. Per esempio, i concetti di punto e linea non possono essere visti come puri e semplici componenti di corpi esistenti nella realtà, dai quali possono essere ricavati con un processo di astrazione. Non si trovano nella realtà oggetti che coincidono esattamente con le definizioni della geometria: per esempio, non si può avere un punto senza dimensioni, tale cioè da non occupare spazio. Si è dunque di fronte a concetti che si distinguono da quelli categoriali perché non fanno riferimento a caratteristiche percettibili di corpi reali. Si tratta di oggetti mentali, di prodotti della mente che costruisce, elabora un insieme di proposizioni e di relazioni tra queste, ammesse come invarianti: proposizioni e relazioni invarianti costituiscono il concetto. Tali concetti vengono chiamati *formali* e nel loro processo di elaborazione giocano un ruolo fondamentale l'immaginazione e la creatività degli scienziati, sottoposte però a vincoli molto stretti, quali la necessaria coerenza del pensiero e la rispondenza tra l'interpretazione teorica e l'effettivo comportamento della realtà. Anche in questo caso entra in gioco un processo di astrazione la cui natura, però, è del tutto diversa da quello che presiede alla formazione dei concetti categoriali. Se in quest'ultimo caso la mente lavora su oggetti reali o sulle loro rappresentazioni mentali, nel caso dei concetti formali la mente lavora su idee.

Esistono diversi tipi di concetti formali. Alcuni riguardano *entità ipotetiche*, come il concetto di mesone, neutrino, ecc. Si tratta di entità plausibili, appartenenti alla realtà *non figurativa* che gli scienziati costruiscono per interpretare e prevedere ciò che avviene a livello di oggetti reali. Altri sono di natura *relazionale*, in quanto riguardano le relazioni tra sistemi: si trovano tra questi i concetti di forza e di energia. Altri infine sono unicamente prodotto dell'attività mentale, come il concetto di stato di un si-

stema. In effetti, lo stato di un sistema non esiste che nella mente del ricercatore: questi spezza il corso degli eventi in unità temporali, durante le quali lo stato del sistema è ritenuto stabile e quindi definibile mediante i valori assunti da certe variabili: le variabili di stato.

### 2.3 - CONCETTI E APPRENDIMENTO

Nei paragrafi precedenti si è affrontato il problema della elaborazione dei concetti da parte degli scienziati, ossia di coloro che producono nuove conoscenze. Si tratta ora di prendere in considerazione la situazione che si verifica a scuola, dove gli allievi devono acquisire concetti e conoscenze. In base al punto di vista psicologico, **apprendere** un concetto significa identificare la combinazione di attributi essenziali usata per definirlo, associare una etichetta verbale a questa combinazione ed utilizzarla per designare gli oggetti che appartengono alla categoria in questione. Inoltre, apprendere un concetto significa anche ricercare e validare attributi che possono o distinguere gli esempi dai non esempi oppure differenziare sottocategorie. Per esempio, se un insegnante vuole fare apprendere il concetto di triangolo ai propri allievi, può mostrare loro una serie di oggetti triangolari diversi per forma, colore, dimensione, collocazione nello spazio: si tratta cioè di proporre agli allievi una serie di oggetti, diversi sotto vari aspetti non essenziali, che appartengano tutti alla categoria triangolo. Si tratta poi di guidare, con domande opportune, gli allievi ad identificare, negli oggetti proposti, gli attributi essenziali comuni; in questo modo, coloro che imparano possono arrivare a costruire il concetto di triangolo.

E' possibile ricorrere a questo approccio per insegnare il concetto di energia? Come si è visto, l'energia non è una sostanza, non è una proprietà dei corpi: "L'energia non fa intervenire un elemento nuovo che si collocherebbe accanto a contenuti fisici quali luce e calore, elettricità e magnetismo; il suo significato è quello di una correlazione oggettiva, espressa sotto forma di legge, tra tutti questi contenuti... Concepita come cosa, l'energia sarebbe un elemento che riunirebbe contemporaneamente movimento e calore, magnetismo e elettricità, pur non essendo alcuno di questi fenomeni. Concepita come principio generale, l'energia diven-

ta un prodotto del pensiero che permette di riunire tutti questi fenomeni, malgrado le loro diversità empiriche, in un unico sistema di operazioni intellettuali" [3]. Di conseguenza, non è possibile costruire a scuola il concetto di energia con un processo di astrazione empirica. Lemeignan e Weil-Barais [4] sostengono che la costruzione del concetto di energia è legata al concetto di "catena energetica". Quest'ultimo concetto, come si vedrà tra poco, definisce una struttura di distribuzione che gli allievi possono elaborare ricorrendo a **modelli intermedi** o **precursori**, costruiti dagli allievi a partire da situazioni reali e sistemi concreti, ossia da aspetti fenomenologici che essi sono in grado di padroneggiare dal punto di vista empirico/sperimentale. L'approccio che viene proposto è ben diverso da quello comunemente adottato nella scuola media per introdurre il concetto di energia, come mostra l'analisi di alcuni libri di testo.

### 3 - IL CONCETTO DI ENERGIA NEI LIBRI DI TESTO

Sono stati presi in considerazione tre libri di testo tra quelli in circolazione nelle scuole medie italiane. In tutti il concetto di energia viene trattato dopo che sono stati introdotti quelli di *forza* e di *lavoro*. Nel primo testo è specificato l'obiettivo perseguito: "conoscere e comprendere la terminologia, le leggi e i fenomeni connessi al concetto di energia e alle varie forme sotto cui si presenta". Dopo alcuni esempi che hanno lo scopo di chiarire il significato fisico di lavoro, prodotto scalare di una forza per uno spostamento:  $L = F \cdot S$ , vengono definite l'energia cinetica ( $E_C$ ) e potenziale ( $E_P$ ) con la seguente premessa: "Energia (dal greco *energheia* = attività) è la proprietà che ha qualsiasi corpo di compiere lavoro". Si portano poi vari esempi a conferma del principio che tutto ciò che può compiere lavoro possiede energia. Infine, tramite la proprietà "additiva" dell'energia, viene enunciato il principio di conservazione:

$$E = E_P + E_C$$

Questa conclusione, comune a parecchi testi, viene però riferita, esplicitamente o implicitamente, a  $E_P$  ed  $E_C$  del sistema preso come esempio; poiché quest'ultimo non è un sistema isolato, l'affermazione è falsa.

Nel secondo testo esaminato, dopo aver affermato che "per compiere un lavoro occorrono forza e spostamento", si definisce l'energia come "capacità di compiere un lavoro". La definizione viene chiarita con il seguente esempio: "Un pallone calciato con forza colpisce un calciatore e lo sposta di un metro. Mentre il pallone vola, al calciatore non è applicata nessuna forza e quindi non c'è lavoro; ma quando il pallone lo colpisce, nasce la forza che sposta il giocatore e quindi c'è lavoro. Perciò, il pallone che vola ha una capacità di compiere lavoro, cioè ha energia". E' interessante notare che il termine forza assume in queste frasi due significati: quello del registro del sapere comune (*calciato con forza*) e quello del registro del sapere scientifico (*..non è applicata nessuna forza*) per cui non vi è una distinzione chiara tra descrizione empirica del fenomeno e descrizione concettuale mediante grandezze fisiche che descrivono i sistemi.

Nel terzo testo preso in esame, i concetti di energia e di lavoro vengono introdotti a partire dal racconto di un episodio nel quale si mette in evidenza che il risultato di ogni azione che richiede uno sforzo è "ciò che si usa chiamare lavoro". In base al racconto, il lavoro viene definito come:

$$\text{Lavoro} = \text{Peso} \times \text{Altezza}$$

e poi, generalizzando,  $L = F \times S$ . Si continua poi affermando che "per compiere un lavoro bisogna prima di tutto essere in grado di farlo" e si conclude che "quando un corpo ha la possibilità di compiere un lavoro, si dice che possiede energia" e che "se il corpo che possiede energia, comincia ad adoperarla, diciamo che compie un lavoro". In base alla definizione adottata, l'autore scrive: "se un corpo che possedeva energia ha svolto tutto il lavoro possibile, l'energia che gli rimane è zero: il corpo non può più compiere lavoro". Poco oltre: "Cadendo a valle, l'acqua può fare girare la ruota di un mulino e produce lavoro. Ma l'acqua che, compiuto il lavoro ha raggiunto il livello del mare, è ormai priva di energia". Il tentativo di semplificare certi concetti non giustifica queste aberrazioni scientifiche, perché neanche allo zero assoluto l'energia di un corpo si annulla.

Il fatto di definire l'energia come "la capacità di compiere un lavoro" ha il merito di non escludere l'eventualità

che possa esistere un'energia "non attiva", per esempio l'energia accumulata in sistemi quali un bacino idroelettrico, un accumulatore, ecc. Però questa definizione non è corretta dal punto di vista scientifico. Per esempio, un sistema costituito da una grande massa di ferro a temperatura ambiente possiede una grande energia interna, in quanto non si trova allo zero assoluto. Tuttavia, se il sistema è immobile e si trova alla stessa temperatura di ciò che lo circonda, non è possibile ricavare lavoro alcuno. Nei manuali scolastici esaminati, il dualismo energia-lavoro, ossia il doppio aspetto energia-trasferimento di energia, non viene presentato come un punto di vista generale che può essere tradotto nello schema di figura 1.



Fig.1 - Schema generale del dualismo energia-lavoro

Non si sostiene in modo esplicito che l'energia si riferisce allo stato di un sistema e che il lavoro si riferisce ad un'interazione tra sistemi ossia un trasferimento di energia tra sistemi. Di conseguenza, in nessun libro di testo ci si preoccupa di aiutare gli allievi a sviluppare un approccio "sistemico" alla realtà, anche se tale approccio è indispensabile per dare un senso ai due concetti di **energia** e di **trasferimento di energia**.

Tra tutte le situazioni sperimentali che possono essere analizzate in termini di energia, l'accento viene messo quasi esclusivamente su quelle che permettono di introdurre la definizione di lavoro come prodotto di una forza per uno spostamento. In questo caso, l'energia diventa un concetto derivato, in quanto definita in termini di lavoro: alle difficoltà di apprendimento del concetto di energia si aggiungono quelle legate all'apprendimento del concetto di lavoro. Come ricorda Solomon [5], alcune ricerche hanno messo in evidenza che un'alta percentuale di allievi, pur conoscendo a memoria la definizione "scientifica" di lavoro, non sono in grado di interpretare correttamente situazioni in cui si ha produzione di lavoro, in quanto basano i propri ragionamenti su schemi mentali tipici del sapere comune. Inoltre Lemeignan e Weil-Barais sottolineano che il con-

cepto di lavoro, mediante il quale viene definita l'energia, viene introdotto utilizzando i simboli **L**, **F** ed **S** legati tra di loro da un'operazione, il prodotto scalare "x", e da una relazione di equivalenza "=". Gli autori citati fanno notare che questa non è la definizione di una grandezza fisica che descrive un sistema o una interazione tra sistemi, ma una relazione tra una nuova grandezza, il lavoro, e due grandezze già introdotte in precedenza, la forza e lo spostamento. Inoltre, gli autori dei manuali esaminati pensano che gli allievi siano in grado, disponendo di questa relazione ed in base all'ordine in cui vengono trattate le altre grandezze, l'energia potenziale e cinetica, di dare a queste ultime un significato in termini di energia. Nonostante si trovino nei testi molti esempi semplici e familiari, è pressoché impossibile che gli allievi riescano a comprendere che l'energia è una grandezza che interpreta una proprietà di un sistema, mentre il lavoro rappresenta un modo di trasferire energia tra sistemi. In conclusione, l'energia ed il lavoro non sono utilizzati per **descrivere un sistema** e una **interazione tra sistemi**, ma per introdurre nuove relazioni di tipo algebrico tra grandezze fisiche e per classificare i vari tipi di lavoro.

#### 4 - UN APPROCCIO FUNZIONALE AL CONCETTO DI ENERGIA

Come si è visto all'inizio di questo articolo, il concetto di energia è polisemico ossia può avere significati differenti. Per un fisico e un chimico, l'energia si rivela nelle interazioni tra sistemi, per ognuno dei quali viene espressa mediante parametri che ne caratterizzano lo stato: parametri di posizione, di movimento, termici, chimici, ecc. Ma l'energia, nel linguaggio tecnico, è qualcosa che il genere umano ha sempre usato nelle multiformi attività che lo caratterizzano, ricorrendo a sorgenti diverse nel corso della sua storia: da quella personale a quella fornita dai materiali fissili. Nel sapere comune, l'energia è dunque una **materia prima** che viene consumata ogni qual volta si produce una trasformazione. Nell'insegnamento dell'energia occorre tenere presente questi due aspetti, senza privilegiare l'uno a scapito dell'altro, in quanto corrispondono a problemi veri della scienza e della tecnica.

Dal punto di vista scientifico, l'energia non è un concetto categoriale o

prototipico: essa infatti non si incarna in oggetti materiali dai quali è possibile isolare attributi sensibili comuni né è possibile disporre di un prototipo. Non è quindi accettabile l'approccio adottato dai libri di testo che trattano il concetto di energia come un concetto categoriale. Il concetto di energia è un concetto formale e come tale deve essere appreso. Purtroppo, come già si è sottolineato in precedenza, l'acquisizione dei concetti formali presenta difficoltà che gli allievi non incontrano quando affrontano i concetti categoriali. Se per questi ultimi essi possono fare riferimento ad oggetti e sistemi reali nei quali il concetto si concretizza, nel caso dei primi devono riferirsi a idee, ad assiomi, a principi matematici. In base alla concezione scientifica attuale, il concetto di energia dovrebbe essere introdotto a partire dal principio di conservazione, ma questa è chiaramente una strada non percorribile nella scuola secondaria. Per superare queste difficoltà, Lemeignan e Weil-Barais propongono di introdurre il concetto di energia con un approccio di tipo sistemico e modellistico nel quale gli allievi prima fanno funzionare sistemi reali nei quali entra in gioco l'energia; poi li analizzano ed infine traducono le loro analisi in schemi funzionali e distributivi, ossia li modellizzano.

Si tratta di attività nelle quali gli allievi mettono in gioco: - concezioni personali; - abilità pratiche; - attività di schematizzazione; - processi di modellizzazione. In tale approccio viene meno la tradizionale distinzione tra saperi teorici o concettuali e saperi pratici o sperimentali, in quanto si assume che la pratica sperimentale non sia possibile senza concettualizzazione e che la concettualizzazione non sia realizzabile senza pratica sperimentale. Di conseguenza, gli autori propongono un approccio nel quale compiti di natura pratica (far funzionare dispositivi, modificarli per fare variare l'effetto prodotto, ecc.) sono strettamente integrati a compiti di natura concettuale, relativi alla elaborazione di modelli (modellizzare la successione di sistemi che costituiscono un certo dispositivo nel quale entra in gioco l'energia).

La strategia d'insegnamento viene così schematizzata:

1) Mettere gli allievi in condizione di far funzionare semplici dispositivi

sperimentali diversi che permettono di produrre lo stesso risultato pratico: per esempio, accendere una lampadina mediante una pila, una dinamo, la luce solare, il vento, ecc..

2) Chiedere agli allievi di descrivere e schematizzare i dispositivi mediante il linguaggio verbale e il linguaggio simbolico-grafico.

3) Favorire il lavoro in piccoli gruppi e gli scambi di opinioni ed esperienze tra allievi, in modo di sollecitare l'attività pratica e mentale dei singoli e dare un carattere sociale alla scelta dei significanti linguistici, grafici e letterali usati per rappresentare i dispositivi sperimentali.

4) Proporre agli allievi *modi di lettura* dei dispositivi che permettano di rappresentare dispositivi diversi con un unico modello.

In questa strategia riveste un ruolo fondamentale la **catena energetica** e la sua lettura e rappresentazione da parte degli allievi. Tale lettura deve essere basata su *modi di lettura* di cui gli allievi dispongono sin dall'inizio delle attività di apprendimento/insegnamento. Due sono i modi di lettura proposti: il primo si basa sulla *funzione* dei vari oggetti o sistemi che costituiscono la catena energetica (per esempio, un motore svolge la funzione di mettere in movimento una puleggia che, a sua volta, trascina una cinghia che aziona un altro sistema,



Fig.2 - Rappresentazione simbolica di un dispositivo modellizzato come una catena funzionale

ecc.); il secondo si basa su **ciò** che i singoli sistemi possiedono, su **ciò** che ricevono e su **ciò** che forniscono. Il **ciò** sta al posto dei termini proposti dagli allievi: calore, luce, elettricità, movimento, ecc.

La lettura in base alla funzione dovrebbe permettere agli allievi di modellizzare il dispositivo come una *catena funzionale*, costituita da sistemi individuabili in base alla loro funzione. E' evidente che oggetti diversi (un accumulatore, un alternatore, una pila, una cellula fotoelettrica) possono svolgere funzioni analoghe (per esempio, far funzionare un motorino) in dispositivi reali diversi. La raffigurazione simbolica è riportata in figura 2.

Il secondo modo di lettura del dispo-

sitivo, dovrebbe permettere agli allievi di rappresentarlo come una *catena*



Fig.3 - Rappresentazione simbolica di un dispositivo modellizzato come una catena distributiva

di distribuzione, lungo la quale viene distribuito qualcosa di non materiale (Fig. 3). A partire da questa rappresentazione, gli allievi dovrebbero essere in grado di classificare i componenti del dispositivo in *serbatoi*, *trasformatori* e *ricettori (utilizzatori)*. I serbatoi sono i componenti che forniscono senza ricevere; i trasformatori sono quelli che ricevono e forniscono ed i ricettori (utilizzatori) sono quelli che ricevono senza fornire. Dal punto di vista della loro funzione, alcuni trasformatori, per esempio un accumulatore elettrico, una molla, un volano, si possono considerare come serbatoi intermedi.

Da questa seconda rappresentazione si dovrebbe passare ad una terza quando si propone agli allievi l'esistenza di una entità ipotetica chiamata **energia**, caratteristica di un sistema e trasferibile da un sistema ad un altro. In questa terza modellizzazione, i sistemi vengono concettualizzati come *serbatoio*, *trasferitore* e *discarica*<sup>(1)</sup> di energia. In questo modo, l'energia è il contenuto caratteristico

se non ancora studiati.

## 5 - LE ATTIVITA'

Il modello di apprendimento per indagine del reale e ristrutturazione dei reticoli concettuali suggerisce di proporre agli allievi situazioni di apprendimento che diano loro l'occasione di esplicitare ed usare le idee, i concetti, i modi di ragionare, in altre parole le strutture mentali o concezioni alle quali fanno riferimento per interpretare una situazione empirica. Il confronto tra i punti di vista emersi, tra le soluzioni proposte e la loro realizzazione sperimentale, tra i risultati attesi e quelli ottenuti permette di instaurare una serie di conflitti sociocognitivi. La risoluzione di questi in genere permette agli allievi, opportunamente guidati dall'insegnante, di elaborare un concetto di energia scientificamente accettabile e utilizzabile per interpretare una grande varietà di fenomeni e per avanzare previsioni sulla evoluzione di determinate situazioni sperimentali.

Le attività proposte agli allievi possono essere articolate in tre fasi.

### FASE 1 - DALL'ANALISI ALLO SCHEMA DEI DISPOSITIVI

In questa prima fase, gli allievi affrontano a livello empirico una situazione nella quale entra in gioco l'energia. Poiché indagini preliminari [6] hanno messo in evidenza che gli allievi associano l'idea di energia soprattutto a situazioni in cui entra in gioco l'elettricità, conviene proporre loro dispositivi sperimentali diversi che realizzano tutti lo stesso effetto finale: accendere una lampadina.

Si dividono gli allievi in gruppi e ogni gruppo fa funzionare e analizza uno dei dispositivi proposti. La consegna è la seguente: - disegnare il dispositivo analizzato; - precisare a cosa serve, quale funzione svolge, rispetto agli altri, ogni oggetto che fa parte del dispositivo.

Ogni gruppo illustra la propria analisi alla classe. I compagni possono in-

<sup>(1)</sup> Il termine discarica sembra allontanare l'idea di conservazione dell'energia, ma presenta il vantaggio di prefigurare il concetto di degradazione che è proprio dei livelli di concettualizzazione che saranno introdotti nella scuola secondaria superiore.

tervenire con domande, critiche e suggerimenti.

In questa fase, le attività degli allievi restano a livello empirico e permettono loro di constatare che è possibile realizzare lo stesso effetto facendo interagire, in modo opportuno, oggetti diversi, ognuno dei quali svolge una funzione ben precisa nei confronti degli altri.

## FASE 2 - DAI DISPOSITIVI SPERIMENTALI ALLO SCHEMA FUNZIONALE

Nella prima fase gli allievi dovrebbero costruire il concetto di “catena di oggetti” in grado di produrre un certo effetto. Si tratta di un’idea che ha un riferimento empirico in tutti i dispositivi fatti funzionare. Si tratta ora di avviare i ragazzi a decontestualizzare ed a concettualizzare le varie situazioni, in vista della loro modellizzazione. Come primo passo si può loro proporre di schematizzare i dispositivi, caratterizzando ogni oggetto in base alla funzione che svolge nei confronti degli altri oggetti: si elaborano così degli **schemi funzionali**.

Il confronto tra gli schemi proposti dai diversi gruppi dovrebbe poi essere utilizzato per fare rimarcare alcune loro caratteristiche fondamentali:

1) Si tratta di rappresentazioni “convenzionali” in quanto possono essere usati simboli diversi per indicare gli stessi oggetti reali.

2) Gli schemi sono “più semplici” della realtà, in quanto in essi si tiene conto solo di ciò che è pertinente al problema affrontato ed all’obiettivo che si persegue. Si ha qui un’occasione molto favorevole per discutere dei concetti di sistema e di modello.

3) Per l’elaborazione degli schemi è possibile accordarsi su un insieme di “regole convenzionali” che, se adottate da tutti, ne rendono più agevole sia la lettura sia l’interpretazione e quindi facilitano la comunicazione. A questo punto è possibile proporre agli allievi di adottare le seguenti convenzioni:

1) Ogni oggetto funzionale del dispositivo realizzato o che si intende realizzare viene rappresentato con un simbolo unico (per esempio un’ellissi o un rettangolo).

2) La funzione di ogni oggetto, vale a dire l’effetto che questo esercita su

un altro componente, viene simbolizzata con una freccia (---->) accompagnata dal verbo che indica la funzione.

**ricettori** (lampadina, ambiente, ecc.). Il nome del sistema viene indicato all’interno del simbolo grafico (ellisse o rettangolo) e il modo di trasferire (fornire o ricevere) “qualcosa” da un si-



Fig. 4 - Esempi di rappresentazioni simboliche funzionali

Il punto d’arrivo di questa fase dovrebbe essere una rappresentazione simbolica “normalizzata” in quanto tutti i gruppi ricorrono agli stessi simboli stabiliti dalla convenzione elaborata dagli allievi stessi (Fig. 4). In questo modo si realizza l’obiettivo di tradurre la situazione empirica (il dispositivo) in una rappresentazione simbolica funzionale che traduce l’idea di **catena orientata** ossia di un insieme di oggetti che, disposti in una certa sequenza da sinistra a destra, permettono di produrre l’effetto desiderato.

## FASE 3 - DALLO SCHEMA FUNZIONALE ALLO SCHEMA DISTRIBUTIVO

Lo schema funzionale è il punto di partenza per accedere ad una nuova concettualizzazione basata non più sulla “funzione” degli oggetti o sistemi ma su ciò che scambiano, ciò che forniscono e ciò che ricevono. Analizzando da questo punto di vista le situazioni sperimentali, gli allievi elaborano nuovi schemi nei quali i singoli sistemi dei dispositivi, considerati come componenti di una **catena di distribuzione**, sono distinti in tre categorie: - sistemi che possiedono e forniscono qualcosa (luce, elettricità, ecc) e quindi funzionano da **serbatoi** di qualcosa (pila, sole, ecc.); - sistemi che ricevono e forniscono qualcosa e quindi funzionano da **trasformatori** di qualcosa (motore, accumulatore, ecc.); - sistemi che ricevono e possiedono qualcosa e quindi funzionano da

stema all’altro viene indicato sulla freccia. Gli allievi passano così da uno schema funzionale ad uno schema distributivo che viene rappresentato, come il primo, come una catena orientata di sistemi, usando gli stessi simboli. In questo modo, si mette in evidenza, anche visivamente, ciò che hanno in comune sia le diverse situazioni sperimentali, sia i due diversi modi di concettualizzarle (Fig. 5).

Indubbiamente sorgeranno dei problemi relativi ai termini usati dagli alunni per indicare il “qualcosa” che figura nelle espressioni precedenti. Mol-

to probabilmente, in base alle conoscenze di senso comune, gli allievi utilizzeranno il termine energia prima di averne costruito il significato. Inoltre, è molto probabile che specificeranno la natura dell’energia con gli attributi di senso comune. Ciò avviene, ad esempio, quando si afferma che la pila possiede energia elettrica in base non già alla natura della pila (in essa avvengono delle reazioni chimiche), ma agli effetti che questa produce; oppure quando si afferma che un pannello solare possiede energia solare.

Il ricorso allo schema funzionale ed a quello distributivo è giustificabile in base a diverse considerazioni. In primo luogo, si tratta di due modi di rappresentare la realtà che aprono la strada alla rappresentazione energetica dell’interazione tra sistemi e che fanno parte del cosiddetto “sanere co-

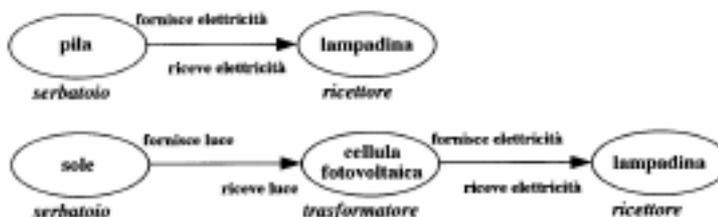


Fig. 5 - Esempi di rappresentazioni simboliche distributive

mune". Si può quindi pensare che gli allievi possano accettarli ed usarli senza dover superare particolari ostacoli. In secondo luogo, la rappresentazione funzionale e quella distributiva sono strumenti mentali mediante i quali gli allievi possono distinguere l'energia dai trasferimenti di energia. In terzo luogo, queste rappresentazioni aiutano gli allievi a costruire concetti categoriali mediante i quali è possibile classificare i sistemi che costituiscono i dispositivi energetici: serbatoio, trasformatore, ricettore. In quarto luogo, queste rappresentazioni permettono di sviluppare ragionamenti qualitativi che rendono accettabili due ipotesi fondamentali: l'esistenza dell'energia e la conservazione dell'energia.

#### FASE 4 - L'ENERGIA COME IPOTESI ESPLICATIVA

Nella prima fase, lo studio dei dispositivi ha permesso agli allievi di concludere che è possibile produrre lo stesso effetto finale (ad esempio, l'accensione di una lampadina) con dispositivi aventi differenti serbatoi iniziali, oppure che è possibile produrre effetti finali diversi (ad esempio: accendere una lampadina, far girare un motore o riscaldare una resistenza) con dispositivi aventi lo stesso serbatoio iniziale. Tali conclusioni possono essere tradotte in questo modo: - i contenuti di serbatoi diversi possono produrre lo stesso effetto finale; - il contenuto di uno stesso serbatoio può produrre effetti finali diversi. Nelle due fasi successive, si è passati dai dispositivi sperimentali alle loro rappresentazioni mediante schemi funzionali e distributivi che permettono di sviluppare ragionamenti qualitativi sulle interazioni tra i sistemi che costituiscono i dispositivi. A questo punto gli allievi dovrebbero disporre di una base concettuale tale da rendere accettabile una congettura che avanza l'insegnante:

*Nonostante la varietà dei dispositivi studiati, nonostante le differenze esistenti tra ciò che i sistemi costitutivi dei vari dispositivi possiedono, forniscono o ricevono, esiste una unica entità, chiamata energia, che si manifesta in modi diversi.*

serbatoi sia di interpretare in modo univoco i fenomeni che si verificano nei vari dispositivi studiati dagli allievi e tutta una serie di altri fenomeni, anche se l'energia rimane un'entità vaga che deve essere meglio definita. A questo punto è possibile proporre agli allievi una nuova modellizzazione delle situazioni sperimentali nelle quali gli oggetti sono concettualizzati come *serbatoio*, *trasferitore* e *scarica di energia*.

#### 6- ENERGIA E TRASFERIMENTI DI ENERGIA

Introdotta l'idea di energia come entità, come *oggetto mentale* che permette di interpretare in modo coerente una serie molto ampia di fenomeni nei quali avvengono trasferimenti di energia, conviene indirizzare gli allievi a riflettere su alcune espressioni tipiche del linguaggio quotidiano. Si parla infatti comunemente di energia termica o calore, di energia elettrica, di energia nucleare, di energia meccanica, ecc. ma ora gli allievi sanno che elettricità, movimento, calore, luce si manifestano nei fenomeni (termici, elettrici, nucleari, ecc..) che sono le forme di trasferimento di energia da un serbatoio iniziale ad una scarica finale. Quindi nel linguaggio comune si distinguono diverse forme di energia ma, in realtà, questa distinzione riguarda non l'energia ma il tipo di fenomeni implicati nel suo trasferimento.

La modellizzazione dei sistemi empirici mediante gli schemi distributivi permette anche di affrontare il problema relativo al "come mai" avvengono trasferimenti di energia e quindi di interpretare una serie estesa di fenomeni le cui manifestazioni empiriche sono molto diverse.

Abbiamo scritto "come mai" e non "perché". Questa scelta è dovuta anche al fatto che non sono pochi gli insegnanti i quali ritengono che l'energia sia la causa dei fenomeni naturali. Come ha scritto un insegnante che partecipava ad un corso di aggiornamento: "Ogni fenomeno è caratterizzato da un certo numero di trasformazioni, ogni trasformazione costituisce un movimento e movimento significa energia. Dunque l'energia è la causa di ogni fenomeno. L'energia come causa dei fenomeni è l'aspetto che meglio si addice ad un discorso di scienze per la scuola media, mentre l'energia come invariante (principio di conservazione

*ne) richiede un approccio quantitativo che è più agevole affrontare in un corso di fisica per studenti della scuola secondaria superiore".* Non si può che essere d'accordo sull'ultima frase, ma l'idea che l'energia sia la causa dei fenomeni non può assolutamente essere accettata. In effetti, l'energia non è la causa delle trasformazioni, ma è in base a considerazioni di tipo energetico che si può prevedere se un fenomeno è spontaneo oppure no e fissare i limiti entro i quali le trasformazioni sono possibili. E' ben noto che le trasformazioni fisiche e chimiche vengono interpretate e previste in base alle leggi della termodinamica; in particolare il secondo principio prevede che una trasformazione sia spontanea se associata ad un aumento di entropia nell'universo. Con gli allievi della scuola media non è possibile tirare in ballo l'entropia, ma è certamente possibile fare riferimento alle "differenze" che si possono rilevare tra un sistema e l'altro. In questo modo gli allievi hanno a disposizione un'idea di partenza semplice ed intuitiva per discutere delle ragioni per cui avvengono certi fenomeni, vale a dire per rispondere al quesito: "Come mai, ...?" Accoppiando questa idea intuitiva delle "cause" dei fenomeni con gli schemi distributivi è possibile far sì che le discussioni sui fenomeni nei quali entrano in gioco i combustibili, i cibi e la vita abbiano un senso per gli allievi. Nel paragrafo successivo viene presa in considerazione una "differenza di temperatura" come origine del trasferimento di energia sotto forma di calore da un sistema ad un altro.

#### 6.1 - IL CALORE COME TRASFERIMENTO DI ENERGIA.

Come abbiamo detto precedentemente, un sistema può trasferire energia in modo calore o in modo lavoro. E' in base al moto delle particelle, di cui ammettiamo che il sistema sia costituito, che il trasferimento di energia viene interpretato in un modo o nell'altro. Per gli allievi della scuola media, il trasferimento di energia in modo calore si rivela particolarmente interessante per due motivi:

- permette di affrontare il problema dei trasferimenti di energia prendendo in considerazione una serie di situazioni comuni ben note agli allievi, quale il riscaldamento di una stanza mediante un termosifone o il progressivo raffreddarsi di un piatto di spaghetti;

- permette di chiarire il concetto di “calore” in modo coerente con il discorso generale sviluppato sul tema energia. A questo proposito, si è notato che gli allievi della Scuola Media Inferiore e del biennio delle Superiori hanno difficoltà a concettualizzare l’espressione “trasmissione di energia in modo calore”: per questo motivo è preferibile usare l’espressione “trasmissione di energia sotto forma di calore”.

Come si è detto, un sistema può essere un serbatoio, un trasferitore o

cetti nelle loro comunicazioni. Quando avviene un trasferimento di energia sotto forma di calore? Quando vengono messi a contatto due sistemi fra i quali esiste una differenza di temperatura (Fig. 7).

Gli allievi possono elaborare questa idea studiando situazioni comuni; per esempio quando si servono gli spaghetti, occorre attendere un po’ di tempo perché questi possano essere mangiati senza scottarsi la bocca. I sistemi da prendere in considerazione sono: il piatto, gli spaghetti, l’am-

Un’altra situazione comune che può essere presa in esame è quella relativa al riscaldamento di un ambiente chiuso. Anche in questo caso si ha trasferimento di energia sotto forma di calore e i sistemi da prendere in considerazione sono il radiatore (termosifone), l’aria del locale e le pareti che lo delimitano (muri, porte, finestre). Lo studio di questa situazione permette di mettere in evidenza che vi è trasferimento di energia sotto forma di calore dal radiatore all’aria, da questa alle pareti e dalle pareti all’esterno. Naturalmente la catena energetica può risalire sino al combustibile (gas, gasolio, legna, carbone, ecc) che reagisce con il comburente e produce l’energia necessaria per scaldare l’acqua che circola nei radiatori.

Con lo stesso approccio è possibile prendere in considerazione altre forme di trasferimento di energia per produrre lo stesso effetto, ossia innalzare la temperatura di un sistema: l’irraggiamento (ad esempio da parte



Fig.6 - Rappresentazione simbolica di trasferimento di energia sotto forma di calore secondo il modello distributivo

una discarica di energia. Un sistema può fornire e/o ricevere energia sotto forma di calore, ma un sistema non possiede calore. In genere, se un sistema fornisce energia sotto forma di calore, la sua temperatura diminuisce: se un sistema riceve energia sotto forma di calore, la sua temperatura aumenta. Quindi la temperatura dà informazioni sullo stato di un sistema, mentre il calore è una forma di trasferimento di energia e non ha niente a che vedere con le proprietà del sistema. Ricorrendo al modello distributivo, le rappresentazioni possibili sono raffigurate nelle figure 6 e 7.

Nella rappresentazione distributiva (Fig. 6) compare l’espressione “fornisce calore” (“riceve calore”) invece dell’espressione “fornisce energia sotto forma di calore” (“riceve ener-

biente. Quest’ultimo viene, in genere, introdotto dagli allievi durante il

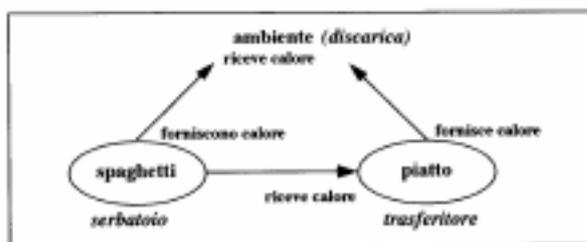


Fig.8 - Il sistema "ambiente" in uno schema distributivo

lavoro di modellizzazione con lo schema distributivo. Si tratta di dare risposta alla domanda: *Dove è collocato il dispositivo studiato?*

E’ possibile, sia con lo schema funzionale sia con quello distributivo,

del sole) ed il lavoro meccanico (ad esempio sfregando un pezzo di metallo con carta vetro). Infine è possibile analizzare tutti questi fenomeni a livello microscopico, se gli allievi padroneggiano già il modello particellare della materia. In effetti, la temperatura è una grandezza macroscopica che corrisponde, a livello microscopico, all’agitazione disordinata delle particelle che costituiscono il sistema. Quando un sistema riceve calore, la sua temperatura aumenta: a livello microscopico questo fenomeno viene attribuito ad un aumento della velocità delle particelle.

**CONCLUSIONE**

La proposta d’insegnamento del concetto di energia schematizzata in questo articolo ha come fondamento una certa concezione dell’apprendimento inteso come ristrutturazione dei reticoli concettuali. Tale concezione è fondata su presupposti epistemologici e



Fig. 7 - La differenza di temperatura tra sistemi ed il trasferimento di energia sotto forma di calore secondo il modello distributivo

gia sotto forma di calore”). Il primo modo di esprimersi è accettabile come sintesi di una frase più lunga ma più corretta. E’ compito dell’insegnante accertare se l’allievo che dice “fornire calore” stia pensando “fornire energia sotto forma di calore”. D’altronde questo tipo di situazione è frequente tra gli esperti delle discipline che spesso usano sintetizzare alcuni con-

utilizzare una rappresentazione del tipo raffigurato nella figura 8. In questo caso viene messo in evidenza come l’ambiente riceva energia sotto forma di calore sia dagli spaghetti che dal piatto. Gli allievi vengono sollecitati ad analizzare questo sistema dal punto di vista degli scambi di energia tra spaghetti e piatto, spaghetti e ambiente, piatto e ambiente.

psicologici in base ai quali viene riconosciuto un certo statuto ai concetti ed ai modelli, assegnata una certa funzione alle attività sperimentali, ecc.; inoltre da tali presupposti dipendono le scelte didattiche, ossia il modo di insegnare e quelle pedagogiche, ossia il modo di gestire la classe. Da un punto di vista generale, si può affermare che spetta all'insegnante aiutare l'allievo a cambiare il proprio modo di pensare, a passare da schemi mentali basati sul senso comune a modi di ragionare sempre più vicini a quelli degli scienziati. Tale passaggio non è semplice né indolore, in quanto non vi è continuità ma rottura tra i vari livelli di sapere ed il passare dall'uno all'altro esige vere e proprie ristrutturazioni concettuali. Spetta all'insegnante aiutare l'allievo a superare questi dislivelli. In altre parole, l'insegnante deve fare in modo che l'allievo non si trovi, di colpo, di fronte a concetti formali ed a modi di ragionare complessi quali sono quelli che abitualmente usano gli scienziati. Se così fosse, l'apprendimento non potrebbe essere che di tipo verbale e mnemonico.

Secondo Lemeignan e Weil-Barais che hanno proposto l'approccio presentato in questo articolo, nel caso dell'apprendimento del concetto di energia, tale passaggio è agevolato dal ricorso a modelli intermedi che essi chiamano "precursori" che già

contengono alcuni tratti caratteristici dei modelli scientifici: si tratta infatti di modelli che mettono in gioco oggetti mentali, operazioni logiche associate all'uso di tali oggetti, rappresentazioni simboliche, ecc. In questo modo, i soggetti che apprendono sono messi in condizione di superare il dislivello che esiste tra il loro modo di pensare e quello degli scienziati, rielaborando e adattando i propri schemi mentali attraverso una serie di passaggi che risultano accettabili dal punto di vista logico e adeguati dal punto di vista epistemologico. Infatti i modelli elaborati in questi stati intermedi sono funzionali, in quanto permettono di interpretare una serie di situazioni sperimentali, ed evolutivi, in quanto permettono di passare da un tipo di interpretazione ad un altro. Carattere funzionale e natura evolutiva sono due caratteristiche fondamentali dei modelli scientifici.

Si tratta quindi di un approccio che favorisce l'attività degli allievi, tenendo conto delle loro capacità cognitive e sfruttando a fondo le loro potenzialità mentali per farli accedere a quella che Vygotski chiama la **zona di sviluppo potenziale o prossimale**. Si tratta di una zona mentale che, rispetto al livello di sviluppo cognitivo del soggetto che apprende, è avanzata ma non inaccessibile se vi è un aiuto adeguato da parte dei compo-

nenti più esperti del gruppo sociale. Ricorrendo ad un'analogia, si può dire che l'insegnante è come la guida che aiuta l'alpinista inesperto a conquistare una vetta che quest'ultimo non sarebbe in grado di scalare da solo. Le sperimentazioni che sono in corso permetteranno di verificare sia le potenzialità che i limiti di questo approccio nel contesto della scuola italiana, sapendo che la ricerca condotta in Francia [4] ha coinvolto un numero ristretto di allievi ed è stata fortemente condizionata sia da vincoli di tempo sia dalla forte rigidità dei programmi di insegnamento che lasciano ben poco spazio alla sperimentazione di approcci innovativi.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Condolo, E. Roletto, L'energia: dalla storia del concetto alla trasposizione didattica. Parte prima: Il campo semantico dell'energia, *CnS*, 1999, **21**, 53.
- [2] E. Cassirer, *Substance et fonction - Eléments pour une théorie du concept*, Minuit, Paris, 1977.
- [3] Ibidem.
- [4] G. Lemeignan, A. Weil-Barais, *Bilan du travail réalisé à propos d'Energie. Rapport de recherche*, LIREST, Université Paris VII, 1988.
- [5] J. Solomon, *Getting to know about energy in school and society*, Falmer Press, London, 1992.
- [6] G. Condolo, E. Roletto, L'energia: dalla storia del concetto alla trasposizione didattica. Parte seconda: Gli schemi mentali degli allievi, *CnS*, **XXI**, 3, 79

---

---

## SPERIMENTAZIONE DEL PROGETTO CHEMCOM PER L'INSEGNAMENTO DELLA CHIMICA

### Introduzione

Una delle raccomandazioni che è fatta più frequentemente agli insegnanti di una qualunque disciplina è quella di cercare di motivare e di coinvolgere gli studenti nello studio della disciplina stessa.

Noi pensiamo che la chimica abbia delle ottime potenzialità per soddisfare questa richiesta data la sua intrinseca natura di scienza sperimentale: teoria e pratica.

La capacità di saper legare queste due "facce", cioè di saper far corrispon-

---

MAURO REMONDINI(\*)  
M.CRISTINA MALPEZZI(\*)

---

dere la conoscenza chimica all'interpretazione della realtà quotidiana ha da sempre costituito uno degli ostacoli più difficili, ma anche più affascinanti dell'insegnamento della chimica nelle scuole medie superiori e segnatamente in quelle in cui non è previsto l'indirizzo chimico.

Molti di noi insegnano la materia come fosse una specie di minicorso universitario partendo dalla struttura

dell'atomo e via via proseguendo (spesso attraverso il concetto di orbitale e le configurazioni elettroniche degli elementi) fino ai legami ed alle formule dei vari composti inorganici.

In questa costruzione teorica, che in un qualche modo soddisfaceva il nostro "orgoglio", il laboratorio lo abbiamo utilizzato per i saggi alla fiamma, per la verifica della legge della conservazione della massa o per quella di Proust, per la preparazione di alcuni sali ecc.. (Un miglioramento dell'uso del laboratorio l'abbiamo ottenuto con l'introduzione dei problem-solving.)

Queste attività erano certamente funzionali al percorso proposto, ma spesso distanti dalle esperienze e dalla realtà che gli studenti vivono quotidianamente.

Non di rado c'è capitato di sentirci porre da parte degli studenti questa domanda un po' brutale: a cosa ci serve lo studio della chimica?

La risposta che abbiamo cercato di dare il più delle volte era di carattere generale, vale a dire come preparazione culturale complessiva dell'individuo cui partecipano tutte le discipline.

Il comportamento sempre più pragmatico ed utilitaristico dei giovani ci obbliga però a dare risposte meno generali e più convincenti e, se possibile, sempre più legate alla realtà: non a una generica realtà ma, per quanto possibile, a quella quotidiana sperimentata e vissuta.

Vuol dire in pratica abbassare il livello qualitativo della disciplina? Può darsi, noi però non ne siamo convinti.

Questo percorso propone un apprendimento delle conoscenze di base contemporaneamente alla trattazione di grandi temi che coinvolgono la nostra vita e la nostra esperienza quotidiana.

Un obiettivo del corso è quello di porre le basi culturali del futuro cittadino che ha il diritto-dovere di conoscere i problemi e che si carica della responsabilità di partecipare alle decisioni che lo riguardano.

“La conoscenza scientifica, si legge in una delle motivazioni del testo, è essenziale sebbene non sufficiente per il successo nelle risoluzioni delle problematiche tecnologiche-sociali. La scienza da sola non darà << la risposta >>, ma può aiutare a chiarire i problemi che stanno alla base, porre domande rilevanti ed alzare il livello del dibattito pubblico.”

Parole e concetti non certamente nuovi, ma che qui hanno un'applicazione pratica.

### **Breve descrizione del progetto**

Il progetto preparato dalla Società Chimica Americana e dalla National Science Foundation è giunto negli USA alla sua seconda edizione ed è ormai applicato nelle High School di moltissimi Stati. Il materiale è raccolto in due volumi: il testo per gli studenti (ChemCom Chemistry in the Community; Kendall/Hunt Publishing Company) e la guida per gli insegnanti (Teacher's Guide).

Otto sono le problematiche affronta-

te: Come sopperire alle nostre necessità di acqua (Supplying water needs); Conservazione delle risorse chimiche (Conserving chemical resources); Il petrolio: per costruire? da bruciare? (Petroleum: to build? to burn?); Alimentazione intelligente (Understanding food); La chimica nucleare nel nostro mondo (Nuclear chemistry in our world); Chimica, aria e clima (Chemistry, air, and climate); La salute: rischi e scelte (Health: your risks and choices); L'industria chimica: promessa e sfida (The chemical industry: promise and challenge).

In questo percorso trovano spazio varie forme di coinvolgimento degli studenti come i problem-solving. Con questa dizione il testo comprende diverse attività che vanno dal Compito a casa (Your Turn), al Quesito chimico (Chemquandary), al Decidi tu (You Decide). Quest'ultima ha lo scopo di stimolare il giovane a prendere decisioni (decision-making activity) da solo od in gruppo, in base alle conoscenze chimiche acquisite su un determinato problema, che ha sempre attinenza con la realtà quotidiana.

La valenza sociale oltre che scientifica del corso fa sì che il testo sia ricco di notizie, per esempio, sul consumo di acqua negli USA, quello del petrolio o lo stato della produzione di rifiuti e del valore delle raccolte differenziate.

C'è parso ovvio fare un lavoro di ricerca per sostituire quei dati con quelli relativi al nostro Paese.

Ogni unità è, di norma, suddivisa in cinque sezioni e per ciascuna è prevista l'attività di laboratorio.

Ogni esperienza è strettamente funzionale al proseguimento delle successive spiegazioni. Generalmente durano lo spazio di una lezione, poche quelle di più lunga durata. Quelle che finora abbiamo sperimentato, sono “semplici”, non pericolose e necessitano di “poco” materiale. Quasi tutto l'occorrente dovrebbe essere presente in un laboratorio mediamente attrezzato di una scuola media superiore. Qualora il materiale non fosse presente sarebbe, in ogni caso, facilmente reperibile dai fornitori specializzati.

Ogni scheda di laboratorio riporta il procedimento ed una tabella per raccogliere i dati e le osservazioni effettuate dagli alunni unitamente ad alcune domande, oggetto di valutazione. Il suggerimento di far lavorare a coppie l'abbiamo trovato giusto perché

già sperimentato; a nostro avviso esso aiuta gli studenti al dialogo, alla discussione e alla consultazione.

Completano il testo le “attività dei problem-solving” (ChemCom problem-solving activities) che comprendono domande riepilogative alla fine di ogni sezione (in genere sono cinque per unità), l'allargamento delle conoscenze (Extending your knowledge) e l'attività di laboratorio.

La guida per l'insegnante inoltre propone alla fine di ogni unità prove di verifica con domanda a scelta multipla e domande aperte (a risposta breve). Non essendo a disposizione un libro di testo gli studenti hanno dovuto prendere appunti. Non poche però sono state le fotocopie distribuite soprattutto per le procedure di laboratorio e per le molte tabelle contenenti dati ed informazioni.

Riportiamo di seguito la tabella n.1 che elenca i concetti forniti attraverso lo sviluppo delle otto unità; di seguito il testo del programma ministeriale a dimostrazione che tutte le voci in esso contenute sono previste nel progetto ChemCom (eccetto “i materiali da costruzione” per il corso geometri).

Occorre evidenziare come molte nozioni di chimica introdotte in una certa unità, saranno elaborate ed usate in quelle successive. Per esempio i concetti di soluzione e solubilità, introdotti nella prima unità, saranno elaborati nella seconda (risorse chimiche) ed usati nella terza (petrolio).

### **Temi del programma ministeriale ETA (geometri)**

La materia: proprietà, trasformazioni, struttura particellare.

Comportamento della materia allo stato gassoso

Composti ed elementi

Periodicità e struttura atomica

Legami chimici e struttura delle molecole

Reazioni e loro aspetti fondamentali

I composti del carbonio - molecole organiche di interesse biologico

Energia e reazioni

Materiali da costruzione

Risorse materiali per l'uomo.

### **Sperimentazione del progetto**

Abbiamo sperimentato per la prima volta nell'anno scolastico 1998-99 le tre unità iniziali (acqua, le risorse chimiche, il petrolio). Abbiamo avuto a disposizione quattro ore settimanali nelle due classi prime del corso per geometri sperimentale ETA e in una classe prima del corso Igea commer-

TABELLA - 1

Concetti	Unità del ChemCom							
	Acqua	Risorse	Petrolio	Cibo	Nucleare	Aria	Salute	Industria
SI di misura	I	U	E	U	U	U	U	U
Scala e ord. di grandezza	I	U	U	U	U	U	U	U
Proprietà fisiche e chimiche	I	E	E	U	E	E	E	E
Solidi, liquidi e gas	I	U	E		U	E	U	U
Soluzioni e solubilità	I	E	U	U	U	U	E	U
Elementi e composti	I	E	E	E	E	U	U	U
Nomenclatura	I	E	E	E	E	U	U	U
Formula e scrittura di equazioni	I	E	E	E	U	U	U	U
Struttura atomica	I	E	E		E			
Legame chimico	I	U	E	E		U	E	U
Modelli di molecole	I		E	U			E	U
Ionizzazione	I	U	E		E	E	E	E
Periodicità		I/E/U						
Concetto di mole		I	E	U	E	E	U	U
Stechiometria		I	E	E		U	U	U
Energia		I	E	E	E	E	E	E
Acidi basi e pH	I			E	E		E	U
Redox		I		U		U	U	E
Velocità delle reazioni				I	E	U	E	U
Leggi dei gas						I/E/U		
Equilibrio							I/U	
Analisi chimica	I	E	E	E		U	U	U
Sintesi chimica			I			U		E
Biochimica				I	U		E	
Chimica industriale	I	E	E	E	E	E	E	E
Chimica organica			I	E			E	
Chimica nucleare						I/E/U		

**Legenda:** I = Introdotto E = Elaborato U = Utilizzato

ciali (qui la chimica è inserita nella disciplina "scienza della materia"). A titolo di esempio si riporta il lavoro sulla prima unità.

L'approccio alla disciplina che ChemCom propone è certamente accattivante: distribuzione e lettura in

classe di due articoli di giornale che riportano la notizia della moria di pesci in un fiume che attraversa una cittadina. (vedi figura)

Quest'evento fa parte purtroppo della realtà quotidiana e non è certamente sconosciuto ai giovani.

E' posto immediatamente il quesito: quale potrebbe essere stata la causa? Occorre tener presente che il quesito non è solo d'interesse "scientifico", ma sociale ed economico poiché quest'avvenimento investe una cittadina turistica la cui economia subirà dei grossi danni. ChemCom non trascurava questi aspetti al punto che nel corso dello svolgimento dell'unità saranno distribuiti altri articoli del giornale locale che faranno il punto sulle "indagini" delle cause e contemporaneamente registreranno le opinioni non solo di esperti, ma di cittadini, di operatori turistici ecc..

Il messaggio che abbiamo cercato di trasmettere agli studenti è che la chimica è in grado di aiutare i cittadini a scoprire le cause della moria di pesci e a discutere in un'assemblea cittadina per stabilire chi e come dovrà risarcire la comunità per il danno arrecato.

Il problema scientifico viene suddiviso in sottoproblemi di più facile comprensione ed "aggregabilità" cosicché



per gradi si arriverà alla soluzione del mistero. Ma per fare questo è necessario possedere conoscenze scientifiche e tecniche di indagine e di analisi e come in ogni giallo la risposta si avrà solo alla fine del percorso.

Per "investigare" occorre capire l'ambiente reale in cui è avvenuto l'incidente della moria dei pesci: l'acqua. Innanzi tutto l'acqua "sporca", inquinata: quasi subito gli studenti sono portati in laboratorio per "purificare" (con mezzi molto semplici) un campione d'acqua sporca al punto che, una volta purificata, potranno, con questa, lavarsi le mani.

### **Si riporta in sintesi l'attività di laboratorio.**

*Il campione di acqua "sporca" viene preparato dall'insegnante mescolando sale, aglio in polvere, fondi di caffè, olio ed acqua del rubinetto. Ogni coppia di alunni preleva 100 ml di questa miscela.*

*Per la purificazione si procede alla: (1) separazione acqua-olio; (2) filtrazione con sabbia ed infine (3) all'assorbimento/filtrazione con carbone.*

*Ad ogni passaggio gli alunni osservano e riportano in tabella (vedi sotto) le caratteristiche della miscela e misurano il volume di acqua purificata; questo per abituarli a lavora-*

sione e colloidale supportato da un'attività di laboratorio (la seconda, in ordine di tempo) che permetterà di riconoscerle.

Ogni prova di laboratorio prevede sempre, da parte degli studenti, la compilazione di una tabella in cui sono registrate le loro osservazioni sui fenomeni visti o i risultati sui campioni incogniti. La conoscenza dell'acqua prosegue poi in modo più approfondito a livello di atomi introducendo il concetto di elemento e composto, con un cenno ai legami chimici e quindi alle molecole.

Dal momento che i chimici hanno un loro linguaggio, sono introdotti i simboli chimici (paragonati alle lettere dell'alfabeto), le formule (paragonate alle parole) e le equazioni chimiche (paragonate alle frasi).

La polarità dell'acqua poi è spiegata introducendo la natura elettrica della materia: presenza di protoni, neutroni e di elettroni nell'atomo e le forze di attrazione elettrostatica per giungere al legame ed alla geometria della molecola dell'acqua (uso di modelli). Infine è introdotto il concetto di ione. Attraverso la lettura degli articoli si era appreso che per molti cittadini questo grave fatto era dovuto "all'inquinamento" del fiume.

Il testo allora propone di esaminare l'inquinamento in modo più dettagliato, facendo una disamina fra acqua

ticoli, si è appreso che la moria dei pesci non era dovuta a sostanze sospese, la ricerca è quindi rivolta ai composti disciolti nell'acqua.

E qui è introdotto il concetto di solubilità dei solidi, di concentrazione delle soluzioni e modi di esprimerla (qui solo come % e ppm). Seguirà il concetto di solubilità dei gas. La quantità di ossigeno disciolto nel fiume, misurata nei giorni seguenti in cui si è verificata la moria, viene confrontata con la concentrazione di O<sub>2</sub> necessaria alla sopravvivenza dei pesci. Si scopre così che l'ossigeno presente era sufficiente alla vita dei pesci. Eliminata anche questa causa si passa ad altre analisi per individuare un eventuale inquinamento da sostanze acide e si introducono così i concetti di acidità, di basicità delle soluzioni.

In una tabella sono mostrate le formule degli acidi e delle basi principali. Dalla spiegazione del concetto di pH, limitatamente al significato dei suoi valori numerici, si arriva a comprendere come il pH dell'acqua rilevato nel fiume nei giorni della moria si avvicinava alla neutralità; perciò anche questa causa è da scartare. Poi si prosegue fino alla scoperta della causa.

Pare strano ma è così: non la carenza di O<sub>2</sub> ... ma un'eccessiva quantità di aria (in particolare O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>) disciolta in acqua ha provocato la morte per "embolia" dei pesci. Gli esperti ASL avevano rilevato infatti "traumi biologici quali emorragie e piccole bolle presenti sotto la pelle lungo le pareti laterali dei pesci" come riportato nell'articolo pubblicato dal giornale locale in seguito alle prime indagini e consegnato agli alunni. Questa situazione è stata provocata dalla Società Elettrica che, vista l'inusuale ed abbondante piovosità del periodo estivo, per prevenire la piena ed un eventuale straripamento che avrebbe arrecato danni gravi all'ambiente circostante ed alla città, ha deciso di lasciare fuoriuscire in breve tempo dalla diga una enorme quantità di acqua provocando così una "iperaerazione" dell'acqua nel tratto di fiume immediatamente a valle della diga.

Si prosegue poi introducendo l'argomento della depurazione e della potabilizzazione dell'acqua.

Al termine di questa prima unità è posto un problem-solving, chiamato *Parliamone tutti insieme (Putting all together)*, "che ha come proposito

**Tabella Dati**

	Colore	Chiarezza	Odore	Presenza olio	Presenza solidi	Volume
Prima del trattamento						
Dopo separazione dell'olio						
Dopo filtrazione con sabbia						
Dopo l'aggiunta di carbone						

*re anche in laboratorio in modo accurato ed ottenere poi, in questo caso, il volume massimo di acqua "pura".*

*Il materiale utilizzato (come si può ben capire) è facilmente reperibile e consiste in: becker, cilindro graduato, imbuto, sostegno, pinze, carta da filtro, bicchiere di PE, sabbia fine e grossa, carbone)*

Lo studio prosegue con uno sguardo alle proprietà fisiche dell'acqua per arrivare al concetto di miscela, soluzione (solvente e soluto), sospen-

pura, acqua pulita ed acqua inquinata, mettendo in rilievo come la presenza di sostanze nell'acqua non sempre significa inquinamento.

Solo certe sostanze sono dannose alla salute dell'uomo e degli animali e per rimuoverle occorre conoscerle attraverso l'esame dell'acqua. Come? Con un test di conferma sui campioni d'acqua in laboratorio (terza attività).

Con quest'attività si mette in risalto come il laboratorio sia essenziale al lavoro dei chimici e al loro modo di agire per indagare un qualsiasi fenomeno chimico.

Poiché, sempre dalla lettura degli ar-

quello di incoraggiare gli studenti ad usare la chimica che hanno imparato per ragionare sui problemi reali del mondo simili a quelli che saranno poi chiamati a considerare quando saranno adulti con diritto di voto.”

Gli studenti gestiscono e partecipano a gruppi ciascuno dei quali rappresenta uno spaccato della società (gestori della diga, Associazione Consumatori, esperti ingegneri, ASL, Associazione Commercianti ecc.). Ogni gruppo porta un suo autonomo contributo attraverso un breve scritto.

Per dare maggior validità e attendibilità a questa parte abbiamo realizzato un video che ha ripreso le varie fasi della discussione avvenuta in un clima di grande partecipazione.

La chimica in questo progetto, come si è visto, ha un ruolo centrale; alla fine della prima unità infatti gli studenti saranno in grado di: definire i termini soluzione, soluto e solvente ed applicarli negli esempi; classificare la materia (le sostanze) in termini di elementi, composti e miscele e distinguere fra differenti tipi di miscele (soluzioni, colloidali e sospensioni) in laboratorio; interpretare i simboli e le formule in un'equazione chimica bilanciata in termini di atomi e di molecole; descrivere le particelle subatomiche fondamentali (protoni, elettroni e neutroni), la loro connessione con la polarità e la solubilità di un composto; definire i termini insolubile, insaturo, saturo e sovrassaturo e calcolare la concentrazione delle soluzioni come %.

Ancora: usare la curva della solubilità e calcolare la % di saturazione; organizzare ed interpretare i dati nei grafici e nelle tabelle; dato il pH di una soluzione classificarla come acida, basica

o neutra; determinare la formula ed il nome di semplici composti ionici quando siano stati forniti loro il nome dei cationi e degli anioni e le cariche; valutare i rischi dei contaminanti nei nostri rifornimenti di acqua con particolare attenzione agli ioni dei metalli pesanti Pb, Hg e Cd; mettere a confronto i sistemi naturali ed artificiali di purificazione dell'acqua e valutare i rischi ed i benefici della clorazione e dell'addolcimento dell'acqua.

### Risultati e conclusione

Gli studenti hanno partecipato di buon grado alla “caccia” delle cause della moria dei pesci sentendosi coinvolti ed affrontando la chimica con una buona disponibilità come un qualcosa che li avrebbe aiutati a risolvere il quesito.

Bisogna anche dire che non è stato facile mantenere una tensione costante negli studenti per tutto il tempo necessario, poiché ci sono state le interruzioni delle interrogazioni e dei compiti scritti che hanno riportato la materia alla sua normale “sofferenza”. Difficile, ma non impossibile, poi ripristinare quel clima di attesa e di interesse attorno al problema.

L'esperienza di questo primo anno di sperimentazione (le prime tre unità nelle classi prime ETA e la prima unità nella prima IGEA) è stata positiva per quanto riguarda i risultati raggiunti dagli alunni. Durante l'anno scolastico (recupero pomeridiano) e nel “corso di recupero” che la nostra scuola ha istituito a fine anno scolastico, il numero di alunni frequentanti è stato notevolmente inferiore rispetto all'anno precedente.

Noi riteniamo che questo approccio

metodologico sia un buon punto di partenza per tentare nuove strade didatticamente valide, soprattutto in quegli istituti di scuola media superiore che non hanno l'indirizzo chimico, in grado di aiutare lo studente ad avvicinarsi alla chimica considerata materia difficile e lontana dall'esperienza quotidiana

Naturalmente questo progetto non sarà la panacea per le nostre difficoltà, coscienti che è ancora presto per una valutazione definitiva.

Intendiamo comunque ripetere questa esperienza nelle nuove classi prime e completarla nelle classi seconde.

### Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare la Preside prof.ssa Maria Luisa Martinez che ha creduto e sostenuto questa sperimentazione, il tecnico di laboratorio Andrea Alberghi per la disponibilità e la cura nell'allestimento delle prove di laboratorio e gli studenti che hanno contribuito con la partecipazione attiva e la loro creatività alla buona riuscita del lavoro.

Un ringraziamento particolare al prof. Rinaldo Cervellati del Dipartimento di Chimica dell'Università di Bologna per averci fatto conoscere questo progetto e per il supporto ed i suggerimenti forniti durante questo primo anno di sperimentazione.

### Bibliografia

CHEMCOM Chemistry in the Community, Kendall/Hunt Publishing Company  
CHEMCOM Chemistry in the Community Teacher's Guide, Kendall/Hunt Publishing Company  
Rinaldo Cervellati-Daniela Perugini “Guida alla didattica chimica nella scuola secondaria superiore”, Zanichelli 1987



### Ancora sul concetto di mole

Per un disguido nel lavoro di composizione, nel precedente numero della rivista non è stato inserito il commento alla lettera su questo argomento del prof. Nicola Precchia. Lo pubblichiamo ora, scusandoci con l'autore e con i lettori.

Il prof. Precchia sembra preoccuparsi che l'uso del termine *quantità chimi-*

ca per indicare la grandezza che si misura in moli possa rappresentare una indebita appropriazione, da parte della chimica o dei chimici, di un concetto appartenente a tutte le scienze che studiano la materia. Penso che questa preoccupazione sia esagerata, anche se è il segno di un lodevole scrupolo per il rispetto delle altrui competenze.

Se ci si riferisce all'aspetto macroscopico, la mole “si lega direttamente al concetto di sostanza, e questo è un concetto tipicamente chimico”, come ha giustamente osservato L. Mammi-  
no (Nuova Secondaria 1999, N. 5,

P.88). Se d'altra parte ci si riferisce all'aspetto submicroscopico, nessuno può negare che la chimica sia per eccellenza la scienza delle molecole. Quindi chiamare *quantità chimica* la grandezza che ha la proprietà di essere proporzionale al numero di molecole o di altre particelle con cui si ha a che fare (con un coefficiente di proporzionalità dato dall'inverso della costante di Avogadro) non può essere considerato come un indebito sconfinamento nel terreno di altre discipline.

Continua a pag. 165

## EQUILIBRI ETEROGENEI

*In questo numero viene riportata la risoluzione dei problemi proposti da Paolo Miron e apparsi su La Chimica nella Scuola, 1997, XIX, 27:*

1. In un recipiente in cui è stato fatto il vuoto si pone una quantità di cloruro di ammonio sufficiente a mantenere l'equilibrio:



ad una certa temperatura. Prevedere qualitativamente l'effetto che produrrà sull'equilibrio l'aggiunta, a temperatura e volume costanti, di ciascuna delle seguenti sostanze:  $\text{NH}_4\text{Cl (s)}$ ;  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$ ;  $\text{Ar (g)}$ .

2. Prevedere l'effetto sullo stesso equilibrio dell'aggiunta di  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  a temperatura e pressione costanti.

3. Un recipiente contenente  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  e una quantità sufficiente di  $\text{NH}_4\text{Cl (s)}$  viene portato alla temperatura di  $310^\circ\text{C}$ . Quando viene raggiunto l'equilibrio di cui al n. 1 la pressione all'interno del recipiente è pari a  $0,588 \text{ atm}$  e l'analisi della fase gassosa mostra che questa è composta da  $1,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  di  $\text{NH}_3$  e  $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  di  $\text{HCl}$ . Se si aggiungono a questo sistema  $1,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  di  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  a temperatura e pressione costanti, quale sarà la composizione finale della fase gassosa in equilibrio con  $\text{NH}_4\text{Cl (s)}$ ?

4. Confrontare i risultati ottenuti con le previsioni ricavabili da una applicazione "ingenua" del principio di Le Chatelier.

A questo problema hanno proposto soluzioni i lettori **Francesco Di Nola**, Telesse Terme (BN), **Francesco Orlando**, Reggio Emilia ed **Eugenio Rosin**, S. Giovanni di Casarsa (PN). Il problema riguarda un equilibrio eterogeneo e l'equilibrio è forse l'argomento centrale del corso di chimica. Nel contempo l'equilibrio è un argomento intrinsecamente difficile, come è stato autorevolmente affermato [1] e come l'esperienza didattica ci conferma; è un concetto astratto che non ha analogie nelle altre discipline scientifiche e la sua comprensione ri-

chiede la padronanza di un discreto numero di concetti subordinati [2]. Le idee sbagliate degli studenti riguardo all'equilibrio chimico sono state oggetto di diversi studi [3]. E' stato proposto di utilizzare, per la trattazione degli equilibri, le attività invece delle pressioni parziali o delle concentrazioni, per migliorare la comprensione di questo argomento da parte degli studenti [4], l'impiego didattico della sintesi dell'ammoniaca per comprendere in modo non superficiale la Legge dell'azione di massa e il principio di Le Chatelier (questa proposta è particolarmente adatta agli studenti di ingegneria) [5], l'impiego di domande che richiedono una comprensione concettuale e non superficiale dell'equilibrio [6]. Sono stati realizzati dei programmi software che, utilizzando una strategia CAI (Computer-Assisted Instruction), simulano sistemi all'equilibrio; attraverso conflitti cognitivi permettono allo studente di correggere eventuali idee sbagliate e facilitano l'acquisizione dei concetti [7]; sono stati sviluppati dei moduli didattici per migliorare la comprensione di questo argomento, sia negli studenti che per i futuri insegnanti [8]. La ricerca ha messo in luce che anche noi docenti abbiamo qualche difficoltà in questo argomento [9]; in uno studio si afferma che "l'analisi delle risposte ai problemi degli insegnanti rivela che gli insegnanti e gli studenti possiedono lo stesso tipo di idee sbagliate circa il principio di Le Chatelier" [10].

Il problema richiede l'applicazione del principio di Le Chatelier; la letteratura riporta una serie di critiche alla formulazione ambigua di questo principio [11]. Vale la pena di ricordare che la prima formulazione di questo principio è del 1884 [12], poi è stato riformulato nel 1888 [13] e nel 1933 è stata proposta la terza formulazione [14]. Questo principio, come è riportato nei testi di chimica generale in certi casi conduce a previsioni sbagliate [15]; per evitare questo fatto de Heer ha proposto che nei corsi elementari di chimica la sostituzione del principio di Le Chatelier con poche regole, ciascuna delle quali limitata

nell'applicazione ma più precisa e di interpretazione univoca, giustificata dalla termodinamica. Treptow reitera l'approccio di de Heer distinguendo la diversa influenza delle variabili intensive da quelle estensive [16]. Per evitare l'uso del principio di Le Chatelier è stato proposto l'uso della costante di equilibrio [17]; in questa direzione, Kemp [18] suggerisce di utilizzare la legge dell'equilibrio chimico e di dedurre lo spostamento dell'equilibrio utilizzando le regole derivate dalle leggi della termodinamica. La soluzione a questo problema non è certamente facile: ricorrere alle leggi della termodinamica forse non risolve tutti i problemi didattici connessi con l'equilibrio. La termodinamica è di per se un argomento concettuale ed astratto oltre che costituire un dominio ricco dal punto di vista semantico [19]: come molti lettori sanno, è un argomento che gli studenti e non solamente loro, trovano particolarmente difficile.

Questa premessa è servita anche per giustificare il basso numero di soluzioni proposte. Perciò onore al merito: questi lettori "coraggiosi" fanno parte del piccolo gruppo dei collaboratori della rubrica. Questo problema è interessante perché, come vedremo, mostra alcuni aspetti del comportamento degli equilibri che raramente vengono considerati nei corsi elementari di chimica. La prima domanda è utile perché permette di "riscaldare il motore".

1. A temperatura e volume costanti, l'aggiunta di  $\text{NH}_4\text{Cl (s)}$  non produce alcun effetto (purché il volume della quantità aggiunta sia trascurabile rispetto al volume totale). Lo stesso vale per l'aggiunta di  $\text{Ar (g)}$ : l'aggiunta di un gas inerte, a volume costante produce sia un aumento del numero totale di moli che della pressione totale ma le pressioni parziali dell'ammoniaca e del cloruro d'idrogeno restano invariate. La costante di equilibrio è uguale al prodotto delle pressioni parziali dei due gas, perciò ne consegue che l'equilibrio non si sposta. In letteratura è riportato il ragionamento che a volte gli studenti fan-

no: l'aggiunta di un gas inerte, a volume costante produce un aumento della pressione totale. Il principio di Le Chatelier suggerisce che il sistema reagisce in modo tale da diminuire per quanto è possibile l'aumento della pressione [20]. Forse questo ragionamento può sembrare intuitivo allo studente; peccato sia sbagliato.

L'aggiunta di  $\text{NH}_3(\text{g})$  fa aumentare la pressione parziale di questo gas; quindi l'equilibrio deve spostarsi verso sinistra per mantenere costante il prodotto delle pressioni parziali.

Il lettore Rosin arguisce che l'aggiunta di un gas inerte aumenta la pressione, ma diminuisce le frazioni molarie dell'ammoniaca e del cloruro d'idrogeno e i due effetti si compensano. Indicando con  $n_A$  le moli di ammoniaca, con  $n_B$  le moli del cloruro d'idrogeno e con  $n_C$  le moli di argon, si ha:

$$\Sigma n = n_A + n_B + n_C$$

(somma delle moli gassose)

$$K_p = p_{\text{APB}} = X_A X_B P^2 = \frac{n_A}{\Sigma n} \cdot \frac{n_B}{\Sigma n} \cdot [\Sigma n R T/V]^2 = p_{\text{APB}}$$

2. In assenza di altre sostanze gassose la pressione totale è uguale alla somma delle pressioni parziali dell'ammoniaca (A) e del cloruro d'idrogeno (B):

$$P = p_A + p_B$$

D'altra parte:

$$K_p = p_{\text{APB}}$$

Poiché all'inizio era presente solo  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ ,

$$p_A = p_B = p_{\text{eq}} \quad P = 2p_{\text{eq}} \quad K_p = p_{\text{eq}}^2$$

Se ora si aggiunge una certa quantità di A, l'aggiunta determina un aumento del volume (questo aumento è proporzionale all'aumento del numero di moli); la pressione parziale di A subirà un aumento  $\Delta p$  e, poiché la pressione totale è mantenuta costante, quella di B subirà una uguale diminuzione.

Prima dell'aggiunta:

$$P = p_A + p_B = 2p_{\text{eq}}$$

Dopo dell'aggiunta:

$$p_A = p_{\text{eq}} + \Delta p$$

$$p_B = p_{\text{eq}} - \Delta p$$

In questo modo la pressione resta costante. Si noti che queste due variazioni sono prodotte simultaneamente e, secondo il carattere qualitativo del principio di Le Chatelier, ciascuna produce un effetto opposto [21]. Si ha:

$$Q_p = p_{\text{APB}} = (p_{\text{eq}} + \Delta p)(p_{\text{eq}} - \Delta p) = p_{\text{eq}}^2 - (\Delta p)^2 < K_p$$

Poiché il "quoziente di reazione"  $Q_p$  è minore della costante di equilibrio, la reazione procederà verso destra. Ma questo non riesce a ristabilire l'equilibrio, in quanto si formano quantità uguali dei due gas e la differenza fra le loro pressioni parziali resta invariata. Quindi la reazione procederà fino alla totale scomparsa della fase solida.

3. Questa parte del problema può essere risolta applicando la legge dell'azione di massa oppure, più semplicemente, usando la regola delle fasi. Il sistema considerato consiste di due fasi e di due componenti indipendenti. Quindi:

$$V = 2 - 2 + 2 = 2$$

cioè all'equilibrio le variabili indipendenti sono 2.

Lo stato del sistema è specificato dalle due variabili fisiche pressione e temperatura e dalla composizione della fase gassosa, che può essere espressa mediante la frazione molare dell'ammoniaca. Fissati i valori della temperatura e della pressione, resta fissata la variabile chimica composizione della fase gassosa. Poiché pressione e temperatura sono fissate a priori, la varianza del sistema richiede che si decomponga una quantità  $r$  (moli di reazione che avvengono) di  $\text{NH}_4\text{Cl}$  tale da riportare la fase gassosa alla composizione iniziale. Dobbiamo quindi eguagliare le espressioni della frazione molare dell'ammoniaca prima e dopo l'aggiunta di  $1,20 \cdot 10^{-3}$  mol di ammoniaca:

$$\frac{n_A}{(n_A + n_B)} = \frac{(n_A + \Delta n_A + r)}{(n_A + \Delta n_A + n_B + 2r)}$$

da cui,

$$r = n_B \Delta n_A / (n_A - n_B)$$

Sostituendo a  $n_A$ ,  $n_B$  e  $\Delta n_A$  i valori dati e risolvendo si ottiene:  $r = 2,40 \cdot 10^{-3}$  mol. Si noti che  $r$  è positiva. Ciò significa che, anche in questo caso, l'aggiunta di ammoniaca al sistema provoca la formazione di altra ammoniaca, in apparente contraddizione col principio di Le Chatelier.

Ciò non vuol dire che questo principio ammetta delle eccezioni, ma che in certi casi esso non è applicabile perché, essendo di natura qualitativa, non è in grado di predire quale, fra due azioni opposte, sarà la prevalente. Nel nostro caso l'aggiunta di A alla fase gassosa A + B mantenuta a pressione costante provoca nello stesso tempo un aumento nella concentrazione di A e una diminuzione

di quella di B. Soltanto una trattazione quantitativa è in grado di dirci che l'effetto prevalente è quello della diluizione di B.

Si noti infine che casi analoghi possono verificarsi anche per equilibri gassosi omogenei. Per esempio, se si considera l'equilibrio fra azoto, idrogeno e ammoniaca a pressione costante, l'aggiunta di azoto provoca una parziale decomposizione dell'ammoniaca se la frazione molare iniziale dell'azoto è uguale o maggiore di 0,5 [22].

La soluzione sopra riportata è quella proposta da Rosin. Orlando applica la legge dell'azione di massa utilizzando le frazioni molarie:

$$2,40 \cdot 10^{-1} (2,62 \cdot 10^{-2} + 2r)^2 = (1,62 \cdot 10^{-2} + r)(1,00 \cdot 10^{-2} + r)$$

mentre Di Nola utilizza la legge dell'azione di massa espressa in funzione delle pressioni parziali:

$$8,298 \cdot 10^{-2} (2,62 \cdot 10^{-2} + 2r)^2 = (0,588)^2 (1,62 \cdot 10^{-2} + r)(1,00 \cdot 10^{-2} + r)$$

Francesco Orlando svolge un interessante ragionamento algebrico. Indicando con  $n_A$  le moli di ammoniaca e con  $n_B$  le moli del cloruro d'idrogeno all'equilibrio, con  $\Delta n_A$  le moli di ammoniaca aggiunte e con  $r$  le moli di reazione che avvengono per ristabilire l'equilibrio, si ha:



e	$n_A$	$n_B$
i	$n_A + \Delta n_A$	$n_B$
e	$n_A + \Delta n_A + r$	$n_B + r$

Dove  $e$  sta per equilibrio ed  $i$  sta per inizio (non equilibrio), ed  $r$  è il numero di moli di reazione che avvengono, che possiamo determinare applicando la legge dell'azione di massa. Prima dell'aggiunta dell'ammoniaca, si ha:

$$X_A = n_A / (n_A + n_B)$$

$$X_B = n_B / (n_A + n_B)$$

Dopo l'aggiunta dell'ammoniaca, si ha:

$$\Sigma n = n_A + n_B + \Delta n_A + 2r$$

(somma delle moli gassose)

$$X_A = (n_A + \Delta n_A + r) / \Sigma n$$

$$X_B = (n_B + r) / \Sigma n$$

$$\frac{n_A \cdot n_B}{(n_A + n_B)^2} = \frac{(n_A + \Delta n_A + r)(n_B + r)}{\Sigma n \cdot \Sigma n} = K_x^*$$

\* Si tenga presente che la  $K_x$  è funzione della pressione oltre che della temperatura, come si può facilmente verificare; quindi il suo uso non è consigliabile nei casi in cui la pressione non è mantenuta costante.

E' una equazione del secondo grado in r, la cui soluzione non è proprio banale. In forma lineare diventa:

$$(2n_{ANB} - n_A^2 - n_B^2)r^2 + (n_A^2n_B + 2n_{ANB}\Delta n_A + n_{ANB}^2 - n_A^3 - n_A^2\Delta n_A + -\Delta n_A n_B^2 - n_B^3)r + \Delta n_A n_B (n_A \Delta n_A + n_A^2 + -n_B^2) = 0$$

Provi il lettore a risolvere l'equazione. La soluzione diventa facile se l'equazione si pone nella forma:

$$(n_A - n_B)^2 r^2 + (n_A - n_B)(n_A + n_B + \Delta n_A)r + -\Delta n_{ANB}(n_A \Delta n_A + n_A^2 - n_B^2) = 0$$

Si ottiene:

$$r_1 = \Delta n_{ANB} / (n_A - n_B) \quad \text{ed}$$

$$r_2 = (n_B^2 - n_A^2 - n_A \Delta n_A) / (n_A - n_B)$$

A pressione costante, se  $n_A = n_B$ , non esistono soluzioni che soddisfano l'equazione; il denominatore va a zero per entrambe le radici. Dal punto di vista chimico, sappiamo che, come abbiamo visto, la reazione procede verso la formazione dei prodotti fino alla totale scomparsa della fase solida. Prima di procedere nella discussione delle soluzioni, possiamo osservare che  $\Delta n_A$  è maggiore di zero e che la soluzione  $r_1$  è sempre maggiore della soluzione  $r_2$  se  $n_A > n_B$ , mentre  $r_2 > r_1$  se  $n_B > n_A$ .

Se  $n_A > n_B$ , dalla soluzione  $r_1$  consegue che r è sempre positivo e l'aggiunta di ammoniaca sposta l'equilibrio verso una ulteriore produzione di ammoniaca e di cloruro di idrogeno.

Se  $n_A < n_B$ , per  $\Delta n_A = n_B - n_A$ , il discriminante è uguale a zero, perciò:

$r_1 = r_2 = -n_B$ . Si possono inoltre distinguere tre casi:

**caso 1:**  $\Delta n_A < n_B - n_A$ , le soluzioni risultano negative. Ciò significa che se le moli di cloruro di idrogeno sono maggiori delle moli di ammoniaca e se le moli di ammoniaca aggiunte sono minori della differenza tra le moli di cloruro di idrogeno e le moli di ammoniaca presenti prima dell'aggiunta, l'equilibrio si ristabilisce formando altro  $NH_4Cl$  (s).

Se il sistema all'equilibrio fosse formato da  $1,00 \cdot 10^{-2}$  mol di  $NH_3$  e  $1,50 \cdot 10^{-2}$  mol di  $HCl$  e a questo sistema si aggiungono  $1,20 \cdot 10^{-3}$  mol di  $NH_3$  (g) a temperatura e pressione costanti, dalla legge dell'azione di massa, si ha:

$$2,40 \cdot 10^{-1} (2,62 \cdot 10^{-2} + 2r)^2 = (1,00 \cdot 10^{-2} + 1,20 \cdot 10^{-3} + r)(1,50 \cdot 10^{-2} + r)$$

risolvendo si ottiene  $r_1 = -3,60 \cdot 10^{-3}$  mol rzn (reazione) che avvengono.

**caso 2:**  $n_B - n_A < \Delta n_A < (n_B^2 - n_A^2)/n_A$ , le radici risultano negative e l'equilibrio si sposta verso sinistra.

Per  $\Delta n_A = (n_B^2 - n_A^2)/n_A$ ,  $r_2 = 0$  e  $r_1 < 0$

Novembre - Dicembre 1999

**caso 3:**  $\Delta n_A > (n_B^2 - n_A^2)/n_A$ , la radice  $r_1$  è negativa mentre la radice  $r_2$  risulta positiva e l'equilibrio si sposta verso destra, ovvero verso la formazione di altra ammoniaca e cloruro di idrogeno. Abbiamo bisogno di un criterio per scegliere quale tra le due radici  $r_1$  ed  $r_2$  è la soluzione accettabile. Si consideri il problema con:

$$n_A = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol } NH_3;$$

$$n_B = 1,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol } HCl \quad \text{e}$$

$$\Delta n_A = 1,50 \cdot 10^{-2} NH_3$$

Si ottiene:  $r_1 = -4,50 \cdot 10^{-3}$  mol rzn e

$r_2 = 5,00 \cdot 10^{-3}$  mol rzn.

Si noti che l'espressione algebrica di  $r_1$  coincide con l'espressione ottenuta applicando la regola delle fasi. Tra le due soluzioni, soltanto la radice  $r_1$  realizza la condizione di mantenere costante la composizione della fase gassosa come richiesto dalla regola delle fasi. Inoltre la radice  $r_2$  presenta un comportamento anomalo in quanto, come si è visto, al crescere di  $\Delta n_A$  essa passa da valori negativi a valori positivi: sarebbe come se, nella titolazione di una base con un acido, il pH diminuisse fino ad un certo punto e poi cominciasse ad aumentare.

### Ringraziamento

Il curatore della rubrica ringrazia Luciano Mandolini del Liceo Scientifico di Senigallia (An) per utili suggerimenti di algebra.

### Bibliografia

- [1] J. H. Hildebrand, Catalyzing the Approach to Equilibrium, *J. Chem. Ed.*, 1946, **23**, 589-592.
- [2] G. Tsaparlis, M. Kousathana, M. Niaz, Molecular-Equilibrium Problems: Manipulation of Logical Structure and of M-Demand, and Their Effect on Student Performance, *Sci. Ed.*, 1998, **82**, 437-454.
- [3] A. H. Johnstone, J. J. MacDonald, G. Webb, Chemical equilibrium and its conceptual difficulties, *Educ. Chem.*, 1977, **14**, 169-171; A. E. Wheeler, H. Kass, Student Misconceptions in Chemical Equilibrium, *Sci. Ed.*, 1978, **62**, 223-232; M. W. Hackling, P. J. Garnett, Misconceptions of chemical equilibrium, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1985, **7**, 205-214; M. Gorodetsky, E. Gussarsky, Misconceptualization of chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1986, **8**, 427-441; E. Gussarsky, M. Gorodetsky, On the chemical equilibrium concept: constrained word associations and conception, *J. Res. Sci. Teach.*, 1988, **25**, 319-333; R. Maskill, A. F. C. Cachapuz, Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations, *Int. J. Sci. Educ.*, 1989, **11**, 57-69; A. F. C. Cachapuz, R. Maskill, Using word association in formative

- classroom tests: following the learning of Le Chatelier's principle, *Int. J. Sci. Educ.*, 1989, **11**, 235-246; M. Camacho, R. Good, Problem solving and chemical equilibrium: successful versus unsuccessful performance, *J. Res. Sci. Teach.*, 1989, **26**, 251-272; E. Gussarsky, M. Gorodetsky, On the concept "chemical equilibrium": the associative framework, *J. Res. Sci. Teach.*, 1990, **27**, 197-204; W. Bergquist, H. Heikkinen, Student Ideas Regarding Chemical Equilibrium. What Written Test Answers Do Not Reveal, *J. Chem. Ed.*, 1990, **67**, 1000-1003; A. C. Banerjee, Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium, *Int. J. Sci. Educ.*, 1991, **13**, 487-494; J. Quilez-Pardo, J. J. Solaz-Portolés, Students' and Teachers' Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium, *J. Res. Sci. Teach.*, 1995, **32**, 939-957; A. C. Banerjee, Teaching Chemical Equilibrium and Thermodynamics in Undergraduate General Chemistry Classes, *J. Chem. Ed.*, 1995, **72**, 879-881. [4] R. J. Tykodi, A Better Way of Dealing with Chemical Equilibrium, *J. Chem. Ed.*, 1986, **63**, 582-585. [5] F. G. Helfferich, Le Chatelier - Right or Wrong? Optimizing Chemical Reaction Equilibria, *J. Chem. Ed.*, 1985, **62**, 305-308. [6] K. Knox, Le Chatelier's Principle, *J. Chem. Ed.*, 1985, **62**, 863; D. B. Brown, J. A. MacKay III, Le Chatelier's Principle, Coupled Equilibrium, and Egg Shells, *J. Chem. Ed.*, 1983, **60**, 198. [7] H. Hameed, M. W. Hackling, P. J. Garnett, Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy, *Int. J. Sci. Educ.*, 1993, **15**, 221-230. [8] A. C. Banerjee, C. N. Power, The development of modules for the teaching of chemical equilibrium, *Int. J. Sci. Educ.*, 1991, **13**, 355-362. [9] M. Camacho, R. Good, Problem solving and chemical equilibrium: successful versus unsuccessful performance, *J. Res. Sci. Teach.*, 1989, **26**, 251-272; A. C. Banerjee, Teaching Chemical Equilibrium and Thermodynamics in Undergraduate General Chemistry Classes, *J. Chem. Ed.*, 1995, **72**, 879-881; J. Quilez-Pardo, J. J. Solaz-Portolés, Students' and Teachers' Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium, *J. Res. Sci. Teach.*, 1995, **32**, 939-957. [10] J. Quilez-Pardo, J. J. Solaz-Portolés, Students' and Teachers' Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium, *J. Res. Sci. Teach.*, 1995, **32**, p. 950. [11] J. de Heer, The principle of Le Chatelier and Brown, *J. Chem. Ed.*, 1957, **34**, 375-380; J. de Heer, Le Chatelier, scientific principle, or "sacred cow", *J. Chem. Ed.*, 1958, **35**, 133-136; R. Fernandez-Prini, Le Chatelier's Principle and the Prediction of the Effect of Temperature on Solubilities, *J. Chem. Ed.*, 1982, **59**, 550-553; J. Gold, V. Gold, Neither Le Chatelier's nor a Principle?, *Chem. Brit.*, 1984, **20**, 802-806; R. T. Allsop, N. H. George, Le Chatelier - a redundant principle?, *Educ. Chem.*, 1984,

21, 54-56; J. Gold, V. Gold, Le Chatelier's Principle and the laws of van't Hoff, *Educ. Chem.*, 1985, **22**, 82-85 J. Wisniak, The Le Chatelier Principle: How Much a Principle?, *Chem. Educator*, 1999, S 1430-4171.  
 [12] H. L. Le Chatelier, Sur un énoncé général des lois des équilibres chimiques, *Comptes Rendus Académie des Sciences*, 1884, **99**, 786-789.  
 [13] H. L. Le Chatelier, Recherches expérimentales et théoriques sur les équilibres chimiques, *Annales des Mines*, 1888, **13**, 157-382.  
 [14] H. L. Le Chatelier, Sur la loi du déplacement de l'équilibre chimique, *Comptes Rendus Académie des Sciences*,

1933, **196**, 1557-1560.  
 [15] J. de Heer, The principle of Le Chatelier and Brown, *J. Chem. Ed.*, 1957, **34**, 379.  
 [16] R. S. Treptow, Le Chatelier's Principle. A reexamination and method of graphic illustration, *J. Chem. Ed.*, 1980, **57**, 417-420.  
 [17] L. Katz, A Systematic Way to Avoid Le Chatelier's Principle in Chemical Reactions, *J. Chem. Ed.*, 1961, **38**, 375-377.  
 [18] H. R. Kemp, The Effect of Temperature and Pressure on Equilibria: A Derivation of the van't Hoff Rules, *J. Chem. Ed.*, 1987, **64**, 482-484.  
 [19] R. Bhaskar, H. A. Simon, Problem

Solving in Semantically Rich Domains: An Example from Engineering Thermodynamics, *Cognit. Sci.*, 1997, **1**, 193-215.  
 [20] R. T. Allsop, N. H. George, Le Chatelier - a redundant principle?, *Educ. Chem.*, 1984, **21**, 54-56.  
 [21] Ref. [10], p. 943.  
 [22] L. Katz, A Systematic Way to Avoid Le Chatelier's Principle in Chemical Reactions, *J. Chem. Ed.*, 1961, **38**, 375-377 (in questo articolo viene riportata la dimostrazione, basata sul segno di  $(\delta Q_p / \delta n_i)_p$ ); J. Gold, V. Gold, Neither Le Chatelier's nor a Principle?, *Chem. Brit.*, 1984, **20**, 802-806; C. Rizzo, Sul Principio di Le Chatelier, *La Chimica nella Scuola*, 1990, **XII**, 17-18.

Continua da pag. 161



Quanto ai pretesi errori epistemologici a cui allude il prof. Precchia, ho l'impressione che egli faccia un po' di confusione fra due piani che dovrebbero rimanere ben distinti. Stiamo discutendo su quale termine sia più conveniente per indicare una certa grandezza, cioè su una questione di puro carattere convenzionale. L'epistemologia, per la quale ho grande rispetto, sta a un livello diverso, e assai superiore a quello delle convenzioni.

**Paolo Mirone**

**Gentile Signor Direttore,**

permette che mi presenti. Sono laureata in Scienze Naturali a Padova, secoli fa, ma devo la mia iniziazione ed il mio amore per la chimica "moderna" (ahimè sono passati anche da allora 30 anni!) ai famosi corsi pilota a Pisa ed a Foligno. Ormai sono in pensione da 9 anni, ma seguo ancora sempre i miei ragazzi interessati ai Giochi della Chimica. Mantengo i contatti con la simpaticissima e brava Prof. Filippi di Trento, ma purtroppo le conoscenze d'italiano da parte dei nostri giovani sono insufficienti per misurarsi con i compagni, magari dell'ITI. Ai concorsi nazionali in Austria però si qualificano sempre fra i migliori ed agli internazionali hanno riportato una volta l'oro una volta l'argento.

Leggo sempre con interesse la rivista CnS e spesso me ne servo per l'insegnamento. Negli ultimi tempi mi è piaciuto in modo particolare l'articolo sulle "Reazioni oscillanti", che in maniera chiara e scientifica mi ha spiegato alcune reazioni che faccio eseguire, ma non avevo capito. Nell'ultimo nu-

mero sono simpatiche le "Reazioni spettacolari", in particolare è nuova la "Ricerca del mercurio nelle pile" e "L'implosione del guscio d'uovo".

Mi disturba però in una rivista scientifica (ed anche per una mostra didattica) la poca esattezza dei titoli delle esperienze. L'effetto Show non andrebbe certamente perduto se il titolo fosse più conforme. Anche l'uso di quantità eccessive dei reagenti, che spesso sono tossici, potrebbe benissimo essere limitato, senza togliere la spettacolarità.

- 1) Affermare che "Le pietre respirano" è per lo meno azzardato
- 2) "Gli acidi più forti del mondo" non lo sono assolutamente, nè gli esperimenti servono ad individuare quale sia l'acido più forte fra i tre. Un confronto poi è possibile solo a concentrazioni uguali (che non sono indicate). Fra l'altro la reazione del rame con l' $\text{HNO}_3$  varia con la concentrazione.
- 3) "L'Energia dell'uovo" non è dovuta certamente all'uovo!
- 4) L'esperimento sui "Precipitati": i sali di cromo secondo le istruzioni internazionali sono da eliminare dai reagentari scolastici per la loro tossicità. Per ottenere l'effetto desiderato sarebbero inoltre largamente sufficienti anche concentrazioni dell'0,01 mole/L. Il cromato di potassio potrebbe benissimo essere sostituito dallo ioduro di potassio: il precipitato è sempre di un bel giallo oro.
- 5) Per l'esperimento del "Carbone dallo zucchero" suggerirei di usare invece del becher un cilindro da 100 mL: riempiendolo per 1/3 di una soluzione densa di saccarosio sono sufficienti 15-20 mL di acido solforico per ottenere un cilindro di C che fuoriesce dal recipiente come un camino solido alto anche 20 cm ! Sarebbe didattico far seguire l'esperimento della "combu-

stione dello zucchero" (Saccarosio +  $\text{KClO}_3$  polverizzati) per distinguere la carbonizzazione dalla combustione e far vedere che il Carbone del primo esperimento è ancora combustibile)

6) Per l'estintore non ritengo opportuno "versare la  $\text{CO}_2$  con movimento brusco", dando l'impressione che sia il soffio a spegnere la candela; meglio usare un bicchiere piuttosto alto e versare la  $\text{CO}_2$  come si verserebbe l'acqua.

Encomiabili invece sono le note di segnalazione di misure di sicurezza, l'approfondimento e lo smaltimento dei residui.

Il collega scusi i miei suggerimenti, che non vogliono essere critica, dovuti ad un'esperienza cinquantennale di laboratorio e di insegnamento ai Licei.

Con distinti saluti

**Prof.ssa Ina SCHENK**,  
Via Piave 24,  
39012 Merano/BZ

**Gentile collega,**

Abbiamo ricevuto dal Prof. Paolo Mirone la sua lettera in cui fa alcune annotazioni a margine del nostro articolo "Chimica Spettacolare" apparso su CnS.

La ringraziamo dell'attenzione con cui ha letto questo nostro contributo e ci scusiamo innanzitutto per l'incompletezza delle informazioni contenute nell'articolo che non dà certamente una visione esauriente del lavoro svolto che comprende anche un CD Rom e una guida esplicativa contenente una descrizione accurata delle esperienze e delle finalità che ci siamo proposti di raggiungere.

Questo è comunque un lavoro relativamente nuovo anche per noi e volentieri cerchiamo di entrare nel merito delle sue precisazioni argomentan-

do sui singoli punti nello stesso ordine che lei ci ha gentilmente indicato.

1) Il titolo “anche le pietre respirano”, volutamente provocatorio, è stato inventato (come molte altre cose in questo spettacolo) dagli studenti forse anche perché avevano sotto gli occhi il disegno della famosa esperienza di Lavoisier sul “gas della respirazione” in cui un uomo è collegato tramite una strana maschera con tubo ad un recipiente di raccolta di gas. Quell'uomo emetteva biossido di carbonio formatosi dal contatto tra una sostanza (l'aria) e i suoi polmoni, i nostri pezzi di travertino emettevano biossido di carbonio formatosi dal contatto tra una sostanza (l'acido cloridrico) e la pietra (avevamo parlato dell'aria fissa e dell'aria respirabile di Lavoisier. L'anno prima abbiamo scoperto che c'è stato chi pensava che i cristalli fossero viventi).

2) Che gli acidi “più forti del mondo” non lo siano affatto è proprio quanto abbiamo inteso dimostrare dichiarandolo anche nell'articolo (pag. 98)

3) “energia di un uovo” è uno spostamento divertente e intrigante (nelle intenzioni) del significato dalle ben note calorie lentamente liberate nel nostro organismo da questo alimento a quelle che bruscamente si liberano (certo con tutt'altra dinamica) durante l'esplosione del guscio d'uovo (“esplosione” e non “implosione” perché l'idrogeno bruciato nelle prime frazioni di secondo viene rimpiazzato da aria (ossigeno) con la quale forma una miscela esplosiva che produce acqua)

4) Sulle concentrazioni (indicate nel-

la letteratura) delle soluzioni di cromato stiamo lavorando e siamo d'accordo con la sua osservazione che sono eccessive. Per quanto invece riguarda i volumi di soluzioni siamo legati dalla constatazione che volumi inferiori non consentono a tutti, nel pubblico, di apprezzare il fenomeno visivamente.

5) Anche sul “carbone dallo zucchero” stiamo lavorando, questa volta intorno a nuove possibilità recentemente pubblicate in letteratura che permetterebbero di avere risultati analoghi con emissioni tossiche molto limitate. Comunque proveremo volentieri anche la strada che lei ci propone.

6) Il movimento nel versare il biossido di carbonio dev'essere brusco (elegantemente brusco, ma brusco) perché altrimenti le correnti ascensionali di aria calda provenienti dalla fiamma possono provocare un rimescolamento dell'aria circostante tale da alimentare la fiamma.

Siamo lusingati per il fatto che il nostro articolo abbia destato il suo interesse e saremmo lieti di ogni suo altro cortese contributo di riflessione.

Distintamente

**Michele Debegnach**

**Mauro Berretti**

barliano @ libero.it

[berretti@tin.it](mailto:berretti@tin.it)

**Caro Direttore,**

permettimi di inserirmi nel dialogo tra la collega Schenk e gli autori Berretti e Debegnach. Intervengo non solo

come membro della redazione di CnS ma anche come “docente di complemento” agli ormai famosi corsi pilota tenuti a Pisa (inizio anni sessanta) a cui allude la collega. Ero giovanissimo assistente del prof. Piero Pino e sono trascorse molte primavere per cui faccio fatica a ricordarmi della collega, anche perché i corsi erano affollati, tuttavia desidero porgerle i miei più calorosi saluti e ringraziarla per avermi ricondotto a quei tempi pieni di entusiasmo; la passione per la chimica della collega Schenk, nata in quel contesto, la rende a buon diritto membro della nostra comunità di chimici. Tanto per fare un po' di salotto, vorrei aggiungere qualche parola a quanto hanno detto Berretti e Debegnach: anche se la nostra rivista rivendica serietà e rigore sia da un punto di vista didattico che scientifico, penso che bisogna evitare di fare un viso troppo burbero, scherziamo pure sulla nostra disciplina e facciamo spettacolo purché sia chiaro l'esclusivo intento di guadagnarci la simpatia e l'attenzione di chi ci legge.

Con questo spirito scrivo la mia rubrica “Uno sguardo dalla cattedra”, dove mi burlo benevolmente del buffo prof. nel quale peraltro mi identifichiamo, tanto mi è simpatico.

E' appunto in chiave di spettacolarità e non certo di rigore scientifico che vanno letti i titoli di Berretti e Debegnach. Ringrazio i colleghi Berretti e Debegnach per la loro collaborazione, saluto ancora con calore la collega Schenk e la ringrazio per la sua bella lettera.

**Ermanno Niccoli**



### **VIII Congresso Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica**

L'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica si è tenuto ad Arezzo dal 28 al 30 ottobre 1999. (Presidente ed organizzatore il prof. Ferdinando Abbri).

Come i precedenti Convegni, anche questo si articolava in conferenze su Novembre - Dicembre 1999

invito di oratori italiani e stranieri e in comunicazioni scientifiche.

Nell'ambito del convegno si è tenuta l'Assemblea dei Soci del GNFSK che ha confermato per un altro anno alla Presidenza il prof. Gianlorenzo Marino.

La giornata di sabato 30 è stata dedicata a Giovan Battista Bonino in occasione del centenario della nascita. L'oratore principale è stato Vittorio Carassiti, professore emerito dell'università di Ferrara, già allievo del Bonino che ha parlato su “Giovan

Battista Bonino, un protagonista della Chimica Italiana del Novecento.

**Gianlorenzo Marino**

# Determinazione della costante cinetica della reazione di riduzione dello ione persolfato con ioni ioduro mediante misure potenziometriche con elettrodo ionoselettivo a ioduro

## Abstract

*In the present paper the use of an ion-selective electrode is proposed to follow the variation of concentration of reacting substances, straight in the reaction vessel. This method is very simple and can be easily used in the high schools too. The results reported were obtained by two groups of university students of the degree course in Chemistry, during the "Laboratory of Physical Chemistry"*

## Riassunto

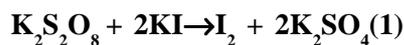
*In questa nota viene proposto l'uso di un elettrodo ione-selettivo per seguire le variazioni di concentrazioni di sostanze che stanno reagendo, direttamente nel recipiente di reazione. Questo modo di procedere è molto semplice e questa tecnica può essere utilizzata anche nelle scuole medie superiori specialmente quando viene seguito il progetto "Deuterio". I risultati riportati sono relativi a due gruppi di studenti universitari del corso di Laurea in Chimica che hanno seguito la cinetica della reazione di riduzione dello ione persolfato con KI, nel corso di "Laboratorio di Chimica Fisica II"*

## Introduzione

La reazione di riduzione dello ione persolfato con ioni ioduro è fra le reazioni più esaminate nel laboratorio di Chimica Fisica perché consente di determinare la costante cinetica di una reazione del 2° ordine in presen-

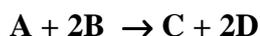
ROBERTO ANDREOLI (\*)  
G. BATTISTUZZI GAVIOLI (\*)

za di un rapporto non stechiometrico dei reagenti.  
L'equazione chimica



suggerisce metodi diversi di analisi che consentano di valutare la trasformazione del persolfato, esempio: titolazione volumetrica dello iodio molecolare, precipitazione quantitativa dello ione solfato, misura amperometrica dello ione I<sup>-</sup> mediante titolazione con AgNO<sub>3</sub>. Ciascuno di questi metodi richiede di prelevare una frazione della soluzione per determinare la concentrazione di persolfato al tempo *t*.

Ora, è possibile seguire direttamente la riduzione dello ione persolfato seguendo la diminuzione della concentrazione dello ione I<sup>-</sup> mediante misure potenziometriche costruendo una pila in cui l'elettrodo sensore (elettrodo ISE) sia un elettrodo a membrana selettiva rispetto allo ione ioduro. L'equazione 1) può essere schematizzata genericamente nell'espressione:



Per questo tipo di reazione può essere ipotizzata una cinetica di reazione del secondo ordine in cui l'espressione della velocità di reazione del processo risulti:

$$-\frac{d[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{dt} = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] \cdot [\text{I}^-]$$

Questa relazione può essere facilmente integrata e indicando con *a* la concentrazione iniziale di persolfato, con *b* la concentrazione iniziale dello ioduro e con *x* la quantità di persolfato trasformata al tempo *t* si ottiene la relazione

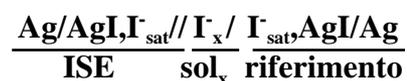
$$kt = \frac{1}{(b-2a)} \cdot \ln \frac{a(b-2x)}{b(a-x)} \quad (2)$$

Per determinare la costante di velocità *k* da questa relazione si può misurare direttamente la concentrazione di ioduro presente in soluzione mediante misure potenziometriche; in questo caso la quantità di persolfato *x*, che si è trasformata al tempo *t* si ottiene dalla metà della differenza fra la concentrazione iniziale di ioduro e quella determinata sperimentalmente:

$$x = \frac{[\text{I}^-]_0 - [\text{I}^-]}{2}$$

Questo metodo presenta indubbi vantaggi perché la concentrazione dello ione ioduro può essere determinata in modo semplice utilizzando l'elettrodo ione-selettivo (ISE), sensibile alla concentrazione dello ione ioduro di cui in appendice è riportato lo schema e descritto sommariamente il funzionamento..

La pila che si viene a formare può essere rappresentata come segue:



La forza elettromotrice (f.e.m.) di questa pila può essere scritta come la differenza fra il potenziale dell'elettrodo di destra, meno il potenziale dell'elettrodo di sinistra più il potenziale di giunzione che si stabilisce fra l'elettrodo di riferimento e la soluzione in esame:

$$E_{tot} = [E_{Ag/AgI_s, I^-}_{sat}]_{rif} - \left[ E_{Ag/AgI_s, I^-}_{sat} - \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{I^-}}{a_{I^-}_{sat}} \right]_{ISE} + E_j \quad (3)$$

In questa relazione gli unici due termini che possono variare sono il potenziale di giunzione e l'attività della specie  $I^-$ , poiché il termine  $RT/F \ln a_{I^-}_{sat}$  è costante a temperatura costante e i valori di potenziale dei semielementi  $Ag/AgI_s, I^-_{sat}$  sono uguali. Se si opera in condizioni tali da poter supporre che il coefficiente di attività e anche il potenziale di giunzione possano essere ritenuti costanti, la relazione (3) può essere semplificata nella forma

$$E_{tot} = \text{cost} + 0,059 pI^- \quad (4)$$

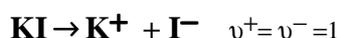
valida a 25 °C, dove  $pI^- = -\log a_{I^-}$ . Dalla misura della f.e.m. si può quindi risalire alla concentrazione dello ione ioduro se si ha proporzionalità fra attività e concentrazione cioè quando il coefficiente di attività è costante, infatti sapendo che:

$a = \gamma \cdot c$  quando  $\gamma = \text{cost}$   
 $a$  è proporzionale a  $c$

In effetti, operando con soluzioni elettrolitiche l'attività degli ioni viene espressa come attività ionica media

$$a_{\pm}^{\nu} = \gamma_{\pm}^{\nu} \cdot c^{\nu} \quad \text{dove } \nu = \nu^+ = \nu^-$$

quindi per lo ioduro di potassio



supponendo che i contributi dei due ioni di segno opposto siano uguali, l'attività ionica media corrisponde a  $a_{\pm} = \gamma_{\pm} \cdot c$  per cui la relazione (4) si può scrivere:

$$E_{tot} = \text{cost}^* - \frac{RT}{F} \ln a_{\pm} = \text{cost}^* - \frac{RT}{F} \ln \gamma_{\pm} [I^-]$$

Se il coefficiente di attività ionica medio può essere considerato costante il suo logaritmo può essere inglo-

bato nella costante per cui si ottiene la relazione di linearità tra la f.e.m della pila e  $p[I^-]$ .

La legge-limite di Debye-Hückel [1,2] prevede che

$$\log \gamma_{\pm} = -A \cdot z^+ \cdot z^- \cdot \sqrt{I}$$

dove  $I$  è la forza ionica della soluzione

che è legata alla concentrazione della soluzione dalla relazione

$$I = \frac{1}{2} \sum_i c_i \cdot z_i^2$$

per cui il  $\log \gamma_{\pm}$  è costante quando  $I$  è costante.

Le condizioni in cui la forza ionica possa essere considerata costante si realizzano aggiungendo alle soluzioni da analizzare un elettrolita indifferente con una costante di selettività molto bassa rispetto a quella relativa allo ione da determinare ed in concentrazione molto più alta come correttore di forza ionica (ISA): in queste condizioni può essere considerata costante anche  $\log \gamma_{\pm}$ .

Per poter misurare la differenza di potenziale  $E_{tot}$  è necessario utilizzare un millivoltmetro ad alta impedenza di ingresso a causa della elevata resistenza interna della pila sopra descritta dovuta alla membrana dell'elettrodo ionoselettivo.

Dal valore della f.e.m. misurata si può risalire direttamente al valore della concentrazione costruendo una curva di taratura, oppure si può tarare direttamente lo strumento in concentrazione se esso lo permette.

## Parte Sperimentale

Per eseguire le misure è stato utilizzato un millivoltmetro Jenway "3340 Ion Meter", un elettrodo iono-selettivo Orion "9453 Iodide Half-Cell Electrode" e un elettrodo di riferimento Orion "90-01 Single Junction Reference Electrode". Come elettrodo di riferimento può essere anche utilizzato  $Ag/AgCl_s, Cl^-_{sat}$ , di più facile reperibilità, in quanto nell'equazione (4) varierebbe solo il valore della costante.

Nel becher di reazione la soluzione veniva continuamente mantenuta agitata per mezzo di un agitatore magnetico.

I reagenti utilizzati erano Carlo Erba di purezza RP.

## Costruzione della curva di taratura

L'analisi della cinetica di reazione di riduzione dello ione persolfato è stata proposta a due gruppi di studenti che frequentavano il laboratorio di Chimica Fisica del 3° anno del corso di Laurea in Chimica che hanno operato indipendentemente ed in tempi diversi.

Entrambi i gruppi hanno adottato la medesima procedura per la preparazione delle soluzioni campioni per tarare il millivoltmetro: sono partiti da una soluzione madre di  $KI$  0,1 M, hanno prelevato varie quantità di soluzione che sono state poste in vari palloncini da 100 mL e portate a volume con acqua distillata, alla fine ad ogni soluzione sono stati aggiunti 5mL di  $KNO_3$  2M come correttore di forza ionica.

I valori della f.e.m. misurati per ogni soluzione sono riportati nelle rispettive tabelle:

### I° Gruppo

millilitri di KI 0,1 M prelevati	millilitri di $KNO_3$ 2M aggiunti	$[I^-]$ (M x 1000)	$p[I^-]$	f.e.m. misurata (mV)
20	5	19	1,72	-273
10	5	9,5	2,02	-258
5	5	4,8	2,32	-238
1	5	0,95	3,02	-199

### II° Gruppo

millilitri di KI 0,1 M prelevati	millilitri di $KNO_3$ 2M aggiunti	$[I^-]$ (M x 1000)	$p[I^-]$	f.e.m. misurata (mV)
16	5	15,2	1,82	-268
12	5	14,3	1,94	-260
8	5	7,6	2,12	-249
4	5	3,8	2,42	-232

Come si vede dal grafico in Fig 1 in cui è stato riportato il valore f.e.m. misurata delle due serie contro  $p[I^-]$ , tutti i dati possono essere considerati appartenere alla medesima serie e quindi è stato possibile calcolare con il metodo della regressione lineare i parametri della miglior curva interpolante:

Coefficiente angolare = 57,6 mV

Ordinata all'origine = -372 mV

Coefficiente di regressione lineare<sup>1</sup> = 0,9999

Quindi, poiché il coefficiente di regressione è molto vicino ad uno, la curva di taratura può essere considerata una retta; nell'intervallo in cui sono state eseguite le misure esiste una relazione lineare tra la f.e.m. e  $[I^-]$ ; inoltre il valore del coefficiente angolare ottenuto garantisce sul buon comportamento dell'elettrodo<sup>2</sup>.

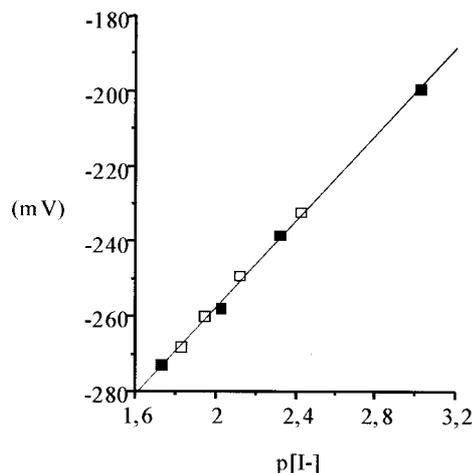


Figura 1- Valori della f.e.m. contro il valore  $p[I^-]$ . I quadratini neri si riferiscono alla prima serie quelli bianchi alla seconda

### Esecuzione dell'esperimento

Ad entrambi i gruppi citati sopra è stato dato il medesimo protocollo per eseguire l'esperienza di determinazione della costante di velocità della riduzione del persolfato: prelevare 5 mL da una soluzione 0,1M di  $K_2S_2O_8$  e 5 mL da una soluzione di  $KNO_3$  2M, metterli in un palloncino da 100 mL e portare a volume, mettere la soluzione così ottenuta, nella cella potenziometrica, inserire gli elettrodi, aggiungere 15 mL di KI 0,1 M, per cui il valore della concentrazione iniziale dello ione  $S_2O_8^{2-}$  risultava  $(4.35 \pm 0.05) \times 10^{-3}$  M, ed eseguire la misura della f.e.m. ogni 5 min..

169 I dati ottenuti nelle titolazioni dai due gruppi sono riportati nelle tabelle seguenti

### Gruppo 1

$t$ (min)	f.e.m. (mV)	$a-x$ (mol/dm <sup>3</sup> ) 10 <sup>3</sup>	$\frac{1}{b-2a} \cdot \ln \frac{a(b-2x)}{b(a-x)} = kt$ (dm <sup>3</sup> /mol)
5	-262,5	4,13	4,07
10	-261,8	3,96	7,53
15	-261,4	3,86	9,58
20	-260,9	3,74	12,21
25	-260,5	3,65	14,37
30	-260,1	3,56	16,59
35	-259,2	3,35	21,80
40	-258,9	3,29	23,61
45	-258,4	3,18	26,70
50	-258,0	3,10	29,25
55	-257,6	3,01	31,87
60	-257,2	2,93	34,56

### Gruppo 2

$t$ (min)	f.e.m. (mV)	$a-x$ (mol/dm <sup>3</sup> ) 10 <sup>3</sup>	$\frac{1}{b-2a} \cdot \ln \frac{a(b-2x)}{b(a-x)} = kt$ (dm <sup>3</sup> /mol)
5	-262,6	4,15	3,59
10	-261,7	3,93	8,04
15	-261,0	3,76	11,68
20	-260,4	3,62	14,92
25	-260,0	3,53	17,16
30	-259,3	3,38	21,21
35	-258,6	3,22	25,45
40	-258,2	3,14	27,97
45	-257,9	3,07	29,90
50	-257,1	2,91	35,24
55	-256,6	2,81	38,74
60	-256,3	2,75	40,89
65	-255,9	2,67	43,84

<sup>1</sup> Il coefficiente di regressione lineare (r) è un parametro statistico che indica se c'è una relazione matematica fra due grandezze, esso è uguale a 1 quando tutti i punti stanno sulla medesima retta, per cui quando si avvicina ad 1 si può affermare che c'è una buona correlazione e quando è uguale a 0 significa che non c'è relazione fra le grandezze; nei casi intermedi è necessario approfondire l'indagine statistica, ma qui non sembra proprio il caso.

Il calcolo di r non è semplice, ma tutte le calcolatrici che permettono di calcolare i coefficienti di una retta permettono di visualizzare il valore di r semplicemente premendo un tasto.

<sup>2</sup> Il valore teorico del coefficiente per un elettrodo ionoselettivo per ioni monovalenti vale 0,059 V a 25 °C; così come per gli elettrodi a vetro per misura di pH; quando questo valore diventa molto più piccolo significa che la sensibilità dell'elettrodo non consente più di fare misure dirette. Il valore indicato nelle istruzioni per l'uso dell'elettrodo qui utilizzato corrisponde a 0,057 V nell'intervallo di concentrazione compreso tra 10<sup>-5</sup> e 10<sup>-1</sup> M.

In entrambi i casi si ottiene una buona correlazione lineare tra il valore di

$$\frac{1}{b-2a} \cdot \ln \frac{a(b-2x)}{b(a-x)}$$

ed il tempo trascorso; il valore del coefficiente angolare, che rappresenta la costante cinetica, appare lievemente ma sensibilmente diverso tra i due gruppi.

I dati delle due correlazioni sono i seguenti:

1° Gruppo

Coefficiente angolare:  $0,55 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$

Ordinata all'origine:  $1,48 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

Coefficiente di regressione lineare: 0,998

2° Gruppo

Coefficiente angolare:  $0,67 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$

Ordinata all'origine:  $1,15 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

Coefficiente di regressione lineare: 0,998

#### Note didattiche

L'esperienza proposta è stata progettata perché durasse circa un'ora e fosse perfettamente eseguibile anche in scuole superiori in cui la chimica non fosse insegnata solo a scopo culturale, ma in cui fosse possibile dedicare un tempo congruo al laboratorio. Il fatto che il valore della costante cinetica determinato dai due gruppi, differisca lievemente è imputabile, probabilmente, a condizioni sperimentali non completamente identiche: non si

è fatto alcun controllo, ad esempio, della temperatura (che comunque poteva essere considerata costante durante ogni singolo esperimento tenendo conto anche della sua breve durata) che influenza molto sia la velocità di reazione che la sensibilità dell'elettrodo<sup>1</sup>. La differenza, comunque, è poco significativa dal punto di vista didattico. Lo scopo della esperienza, infatti, è essenzialmente quello di proporre un metodo semplice per far seguire la cinetica di una reazione e di far conoscere agli studenti l'uso degli elettrodi ione-selettivi con cui, molto facilmente, si possono eseguire determinazioni di sostanze anche in concentrazione molto basse. L'uso è possibile anche per studenti che ancora non conoscano il concetto di attività e di coefficiente di attività, infatti, le istruzioni, di solito allegate a questi elettrodi, contengono le indicazioni per l'uso dei correttori di forza ionica, cosicché la trattazione esposta sopra può essere considerata non necessaria.

#### Appendice

In figura (2) è riportato lo schema dell'elettrodo ISE a ioduro. È un elettrodo a membrana solida costituito da una resina in cui sono dispersi sali di  $\text{Ag}_2\text{S}$  e  $\text{AgI}$ . La f.e.m. della pila sopra riportata è determinata dalla differenza di potenziale che si stabilisce fra le due soluzioni con cui è a contatto la membrana; infatti la risposta dell'elettrodo è controllata dall'equilibrio di solubilità che si stabilisce sulle su-

perfici interna ed esterna della membrana fra gli ioni  $\text{I}^-$  presenti nelle soluzioni e gli ioni  $\text{Ag}^+$  presenti sulle superfici. Il passaggio di corrente attraverso la membrana è garantito dalla mobilità degli ioni dei sali della membrana determinata dal gradiente di concentrazione di  $\text{I}^-$  delle due soluzioni.

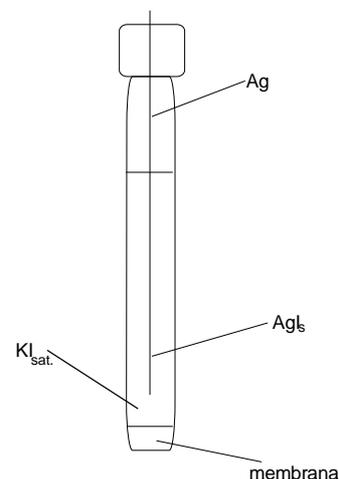


Figura 2 - Schema dell'elettrodo ISE a  $\text{I}^-$

#### Bibliografia

- [1] P. W. Atkins, "Chimica Fisica" ed. Zanichelli, Bologna 1997, pag. 304  
 [2] J. O' M. Bockris and A. K. N. Reddy "Modern Electrochemistry" ed. Plenum Press, New York 1998, pag.268

<sup>1</sup> Per soluzioni dell'ordine di  $10^{-3}$  M la differenza di temperatura di  $1^\circ\text{C}$  può produrre errori di misura superiori al 4%.



#### Recensione

ITIS "E. Molinari" Milano

**Profumi di Donne**

**Per una storia della chimica al femminile.**

CUEN rsl, Napoli - 1998

Volume di 113 pagine, £.10.000

Il testo è realizzato da un gruppo di studentesse dell'ITIS "E. Molinari" di Milano con la collaborazione delle loro insegnanti, quindi un lavoro tutto femminile, per testimoniare il ruolo delle donne nel mondo della ricerca chimica e più genericamente della ricerca scientifica.

L'occasione che ha permesso la realizzazione di ciò è stata la partecipazione alla mostra *Scienziate d'Occidente*, esposta all'Università Bocconi dal 5 al 15 marzo 1997. Le ragazze e le loro insegnanti si sono occupate della sezione *Chimica* della

mostra e il materiale da loro prodotto in forma di dispensa, ha vinto il premio "tessere in classe" 1997 bandito dalla CUEN srl e si è trasformato in questo libro.

Ripercorrendo la storia della chimica dagli albori, le ragazze hanno riportato alla luce le testimonianze del lavoro compiuto dalle donne che, nonostante le tante avversità ed emarginazioni, sono riuscite a dare un contributo significativo allo sviluppo della scienza chimica. L'incontro con le ricercatrici dei tempi più recenti è condotto in forma di conversazione così da rendere più immediato e avvincente il racconto. Non è un semplice elenco di scienziate e di grandi scoperte scientifiche, ma il desiderio di mettere in luce quanto sia stata dura e irta d'ostacoli la vita di queste donne che non hanno rimpianto di rimanere nell'ombra, magari del proprio marito, pur di proseguire gli studi ai quali hanno dedicato la vita intera. È solo grazie alla determinazione e alla caparbietà, tipiche del mondo femminile, che queste donne sono riuscite a realizzare

il loro sogno e in alcuni casi, troppo pochi, a raggiungere l'affermazione scientifica o la notorietà del premio NOBEL.

Esiste un modo femminile di affrontare la ricerca scientifica? È una domanda alla quale le autrici dichiarano di non saper rispondere, ma è comunque maturata in loro la consapevolezza che le donne possono e devono trovare la loro individualità e specificità nel mondo scientifico.

Questo libro rappresenta il frutto e la testimonianza di una nuova metodologia didattica basata sullo sviluppo di progetti specifici. È un modo nuovo di organizzare il lavoro didattico che coinvolge più attivamente gli studenti proiettandoli nel mondo circostante, superando le barriere esistenti tra le varie discipline e tra scuola e società; una partecipazione attiva che permette l'acquisizione di nuove conoscenze, ma che rappresenta anche un'occasione di crescita personale.

**Monica Saladini**

## UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

### Un rientro entusiastico nonostante la ... programmazione!

Sono risalito saldamente in cattedra, mi sono lasciato dietro alle spalle il torrido caldo estivo, le riflessioni intrise di sudore ed i malinconici bicchieri di birra. In realtà le vacanze tanto invocate si traducono, al momento di essere vissute, in una sospensione del mio ruolo, della mia inesaurita passione per questo splendido mestiere, delle mie motivazioni essenziali.

Mi rendo conto che il rapporto con i miei studenti è sempre più simbiotico ma sbilanciato, senza di loro vivo male mentre loro senza di me vivono benissimo, senza di loro non avrei stipendio mentre a loro i genitori assicurano un generoso spillatico, senza di loro non avrei la mia ambita sede di servizio, dove insegno da tanti anni, mentre loro una scuola qualsiasi a portata di mano la trovano sempre. Cerco di nascondere questa mia debolezza politica ma non posso fare a meno di guardarli con mal dissimulata simpatia, loro, che hanno capito ogni cosa, mi guardano con affettuosa indulgenza e con curiosità.

Decido che in fatto di rapporti di lavoro c'è di peggio, in fondo è per questo che amo il mio mestiere, mi sento di buonumore nonostante i muscoli dei colleghi, sono pieno di energia e voglio affrontare con slancio i problemi della nuova riforma scolastica.

Non ci crederete ma il primo problema che mi si presenta di nuovo non ha proprio nulla, si chiama "programmazione".

Ma ho deciso di cambiare il mio atteggiamento, ho ancora negli orecchi i discorsi elittici, tautologici, per lo più in didattichese di tutti noi al momento di risalire a contenuti e metodi dopo avere definito gli obiettivi. Ogni volta ci assaliva il feroce sospetto che il ragionamento induttivo, comunemente inteso, non esistesse.

Come dimenticare le contorsioni lessicali, a cui ci sottoponevamo, quando si cercava di tradurre in "didattichese chimico" (linguaggio

altamente specialistico) le tassonomie di Bloom?

Il risultato era una elencazione meccanica e noiosissima di traguardi formativi assolutamente non traducibili in azioni concrete, che non si inserivano in quel complesso processo che è la trasmissione del sapere.

I ragionamenti analitici, tipo l'analisi degli obiettivi, dei contenuti e dei metodi, agisce sul sistema, che si chiama attività didattica, come il bisturi agisce su di un organismo vivente, permette che le varie parti, debitamente separate, vengano esaminate, purtroppo...l'organismo muore. Ogni informazione sul suo funzionamento, cioè su come le varie parti interagiscano e si integrano tra loro, va persa.

Ma questo è un vecchissimo problema già esaminato dai filosofi greci.

Possono nascere a questo punto opzioni diverse: si può euforicamente osservare che finalmente si è capito l'inutilità della programmazione

e che si deve tornare ai buoni, vecchi metodi empirici; si può decidere di proseguire tenacemente a sviluppare l'analisi del processo sino ad arrivare a identificare i più intimi meccanismi di trasmissione del sapere; si può semplicemente rinunciare alla componente psicologica della programmazione e optare per una buona organizzazione del lavoro.

Il primo tipo di opzione di norma suscita in coloro, che in tutti questi anni si sono impegnati a fondo, un senso di irritazione perché queste proposizioni celano soltanto il rifiuto di ogni innovazione ed il desiderio di procedere nel modo più comodo, ignorando ogni cambiamento nell'utenza, nella disciplina e nel mondo.

Si chiama conservatorismo, è vero tuttavia come sempre succede, porta con sé un fondo di verità: a fronte di un processo complesso, che si sottrae ad ogni analisi, il modo più acconcio di procedere in prima istanza è quello empirico, d'altro canto l'esperienza accumulata in anni di tranquillo ma anche onesto lavoro non può non contenere degli elementi di verità.

L'obiezione all'opzione è che senza

un qualche tipo d'attività collettiva non c'è confronto d'idee, ciascun insegnante rimane un mondo a se stante, ogni giorno rischia l'obsolescenza, andando in pensione, porta con sé tutte le proprie "verità".

La seconda opzione, che poi è una proposta, indica tenacia ed attaccamento al lavoro ma non tiene conto del fatto che con l'analisi si potranno separare le connessioni nervose, i vasi linfatici e sanguigni del processo, si potranno individuare le correnti elettriche ed i flussi dei liquidi ma tutto ciò, pur essendo utilissimo alla conoscenza dell'organismo stesso, non ci restituisce ancora il processo nel suo insi me; il processo si colloca ad un livello di complessità molto superiore.

Probabilmente, anche se l'informazione così reperita sarà utilis-

sima, l'analisi non è

lo strumento

adatto a

dominare il

tutto, pro-

bilmente del

processo dob-

biamo af-

frontare

un aspet-

to per

volta, so-

prattutto per semplificarci la vita; all'atto di tradurre il tutto in decisioni ed azioni concrete si richiede intuizione e creatività, empatie immedesimazione. Questo è il momento in cui gli aspetti psicologici, che eventualmente abbiamo lasciato fuori dalla nostra programmazione, rientrano in gioco.

La terza opzione dimostra che, nonostante la delusione che anni di frustrante programmazione hanno prodotto, non si rinuncia ad un momento di organizzazione collettiva dell'insegnamento.

In fondo una conoscenza approfondita dei contenuti e dei vari modi possibili di organizzarli in vista dello svolgimento del programma è cosa utile; scavare nell'esperienza collettiva per individuare quelle modalità di insegnamento, che all'atto pratico si dimostrano particolarmente efficaci, permette di socializzare ed arricchire il bagaglio professionale; avere chiaro che nel momento in cui cerchiamo di fare apprendere certi contenuti, promuoviamo anche lo sviluppo mentale degli allievi, ci può evitare errori gravi e ci spinge ad affinare il nostro linguaggio



e la rappresentazione dei concetti. Nella scuola italiana gli insegnanti si dividono ormai in due grandi categorie, quelli che da sempre rimangono affezionati ad un insegnamento tradizionale, ultraempirico, con modalità strettamente personali e quelli, altrettanto tradizionalisti, che si sono morbosamente affezionati ai loro progetti, alle loro procedure di programmazione, ai loro obiettivi e che interpellati vi rispondono parlando fluentemente il didattichese.

Avanzare una qualunque proposta, che parta da una riflessione critica sul passato, finisce inevitabilmente per scontentare ambedue, ciò nonostante penso che sia buona norma concludere sempre in modo propositivo, per esempio avanzando idee nuove.

Innanzitutto mi sembra che non si debba rinunciare alla programmazione, se la programmazione deve servire a ottimizzare l'uso delle risorse cioè del tempo, delle attrezzature, delle compe-

tenze del docente e quelle degli alunni. Quindi partirei dalla cosa che conosciamo di più cioè dai contenuti: si possono individuare concetti fondanti della disciplina che siano anche compatibili con le condizioni in cui si opera; ciascun concetto, in sintonia con quanto suggerito dalla riforma, deve essere tradotto in un modulo di lavoro che, comprenda strumentazione, modalità di intervento alternative, metodologie le più varie; i moduli vanno collegati tra in modo logico ed esauriente, non solo in base ad una logica scientifica (rigore) ma anche di una logica didattica (efficacia); si perviene in questo modo ad una sorta di mappa concettuale che in via subordinata può essere arricchita di contenuti importanti ma meno essenziali; a partire dalla mappa si individuano e si suggeriscono percorsi didattici possibili, acquistando in flessibilità; dopo queste operazioni si individuano gli obiettivi macroscopicamente

evidenti, senza illusioni di completezza, senza ingarbugliarsi in definizioni meccaniche e limitative; questi obiettivi andranno, ai fini della verifica, confrontati e integrati con i traguardi che "in itinere" sono stati osservati, magari non previsti esplicitamente ma comunque raggiunti, forse perché impliciti o perché individuati dagli alunni stessi.

Insomma quella prospettata potrebbe essere una sorta di rovesciamento delle procedure solite, dando il giusto risalto a quanto abbiamo maturato di esperienza sul campo ma senza buttare nel cestino le esperienze degli anni passati.

Ora mi sento decisamente rinfancato, forse i bicchieri di birra bevuti nella calura estiva hanno fatto fermentare il mio subconscio che a mia insaputa ha elaborato quanto vi ho esposto.

**Ermanno Niccoli**

---

---

## Appello per collaborazioni e contributi

### **Centro per l'Educazione, la Formazione e l'Insegnamento Scientifico Centro EFIS**

#### ***"Educazione Scientifica Multimediale: Un Progetto Pilota in Chimica"***

Un gruppo di persone di aree differenti (Università, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Giornalismo Scientifico e Industria) ha recentemente dato vita al Centro EFIS, organizzazione senza fini di lucro.

Il campo principale di attività del Centro EFIS è l'appropriata diffusione e presentazione della componente scientifica della cultura nella formazione educativa e professionale. Per "appropriata presentazione", si intende dare particolare importanza al substrato storico ed epistemologico sul quale si basa l'approccio particolare di ogni singola disciplina scientifica e che consente a ciascuna disciplina di concorrere all'unitarietà dell'edificio scientifico. Nel progetto pilota qui presentato verrà dato lo spazio maggiore alla chimica, la cui importanza sia per la comprensione della natura che per la tecnologia e la medicina è stata a lungo sottovalutata.

Con il Centro EFIS si è voluto stabilire un legame permanente tra i tre mondi della produzione, della ricerca scientifica, della divulgazione e giornalismo scientifico. L'apporto di persone con conoscenze e sensibilità nate in ambiti complementari è fonda-

mentale per valorizzare il patrimonio culturale delle singole discipline scientifiche e quello scientifico generale.

Uno dei campi in cui vi è maggiore urgenza di centri come l'EFIS è quello delle nuove tecnologie informatiche e multimediali, che hanno invaso tutti i settori della società, dalla ricerca alla produzione, dai servizi al commercio. E', quindi, praticamente certo che tali tecnologie si diffonderanno anche nel campo dell'istruzione. Ciò può rappresentare una innovazione estremamente utile proprio nel campo dell'educazione scientifica poiché queste nuove tecnologie, al contrario dell'opinione corrente, se correttamente usate rendono più incisivo il ruolo di chi insegna, fornendo nuovi e più efficienti strumenti e materiali di lavoro.

Questo positivo sviluppo sarà tuttavia possibile solo se si porrà una grande attenzione a questi nuovi strumenti.

Coerentemente con il suo scopo istituzionale, il centro EFIS ha perciò deciso di lanciare un progetto pilota, focalizzando l'attenzione sulla chimica, con i seguenti scopi:

1. Eseguire un attento studio critico del materiale di Internet che riguarda la divulgazione e l'insegnamento delle scienze chimiche;
2. Stabilire obiettivi, standard e criteri per l'uso e lo sviluppo di materiale multimediale;
3. Incoraggiare la traduzione nei linguaggi nazionali, per un facile uso pedagogico, del materiale risultato conforme ai risultati del punto (2);

4. Sviluppare un nuovo ed originale materiale dello stesso tipo;

5. Assistere i professori della scuola secondaria in un uso corretto ed efficiente di tale materiale.

Noi crediamo che questo progetto è estremamente importante, oltre che per l'insegnamento delle scienze, per la conservazione della cultura Europea.

Inviando quindi un pressante appello alla collaborazione e/o al contributo di attività e informazioni da parte di persone, centri ed istituti europei, pubblici e private, interessati all'insegnamento delle scienze e argomenti simili, inclusa la filosofia della scienza. È benvenuta la collaborazione di singoli ricercatori e studiosi interessati.

Coloro che condividono con noi la sensazione che qualcosa vada fatto sul problema sopra delineato possono inviare una dichiarazione di intenti al Dott. Giovanni Villani (indirizzo fondo pagina). Il centro EFIS li contatterà per discutere i modi e le forme di collaborazione.

**Giovanni Villani**

**Dott. Giovanni Villani  
Via Risorgimento, 35 - 56126 Pisa  
Tel.+39-050-918293  
Fax +39-050-502270  
e-mail villani@icqem.pi.cnr.it**

# LA SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE PER LA FORMAZIONE DEGLI INSEGNANTI DELLA SCUOLA SECONDARIA IN PIEMONTE



Rosarina Carpignano(\*)

## RIASSUNTO

Prevista dalla Legge 341/90, definita nelle finalità e nelle caratteristiche dal DPR n.470 del 31.7.1996, la Scuola di Specializzazione per la formazione degli insegnanti della scuola secondaria sta per essere realizzata ed iniziare a funzionare in alcune Regioni.

E' una occasione importante di collaborazione tra l'Università e la scuola secondaria, che può risultare di giovamento ad entrambe.

In Piemonte l'Università e il Politecnico di Torino, cui si è aggiunta in seguito l'Università del Piemonte Orientale, hanno dato vita alla Scuola Interateneo di Specializzazione, comunemente indicata con l'acronimo SIS.

La gestazione è stata lunga: nel marzo 1997 è stato insediato il Comitato di Proposta, previsto dal DPR. n. 470, composto da 42 docenti, rappresentanti delle varie Facoltà dei due Atenei torinesi e dell'Accademia delle Belle Arti.

Il Comitato fin da allora ha lavorato intensamente, sotto la presidenza del prof. Ferdinando Arzarello, pervenendo alla definizione del Regolamento di struttura, del Regolamento didattico, approvati dal Senato Accademico di entrambi gli Atenei, e del Progetto operativo.

Per l'a.a. 1999-2000 sono attivate sedici classi concorsuali di sette indirizzi (v. Tab.1); per ogni classe è ammesso un numero di specializzandi stabilito annualmente. Le prove di ammissione consistono in un test sui programmi delle discipline indicate per ogni classe concorsuale ed eventualmente in un successivo colloquio.

## LA STRUTTURA DIDATTICA DELLA SIS

Secondo le disposizioni ministeriali la SIS ha la durata di due anni, corrispondenti ad un totale di 120 crediti, di cui 85 sono destinati agli insegnamenti e ai laboratori didattici e 35 sono assegnati al tirocinio pratico, affidato a docenti di ruolo delle scuole secondarie, attraverso apposite intese stipulate con le scuole stesse.

Su una base di 1000 ore totali, 700 sono dedicate agli insegnamenti e 300 ore al tirocinio.

Gli insegnamenti comprendono moduli didattici, equivalenti ad almeno il 20% dei crediti, relativi alle Scienze dell'Educazione, e moduli didattici, equivalenti ad almeno il 20% dei crediti, relativi alle didattiche disciplinari, cioè rivolti all'approfondimento metodologico e didattico nelle aree disciplinari corrispondenti alle varie abilitazioni.

La SIS approva per ogni specializzando un piano di studio individuale che tiene conto del suo curriculum universitario, con la possibilità di DEBITI, da colmare frequentando corsi universitari volti a completare la sua preparazione di base (fissati in numero non superiore a 3 corsi annuali), o di CREDITI, per competenze già acquisite, ad es. in corsi universitari di tipo didattico, che permettono di ridurre la durata della scuola (non più di due semestri).

La Scuola si conclude con un esame finale che comprende la discussione di una relazione scritta relativa ad attività svolte nel tirocinio e nei laboratori didattici. La Commissione d'esame è formata sia da docenti universitari che da docenti della scuola secondaria che abbiano collaborato alle attività della Scuola. L'esame finale ha valore di esame di Stato per l'abilitazione relativa alla classe seguita.

## IL PROGETTO GENERALE DELLA SIS

Gli insegnamenti sono ripartiti tra un'area delle Scienze dell'Educazione, comune a tutti gli indirizzi, un'area delle didattiche specifiche per uno o più indirizzi e un'area di copresenza tra le didattiche disciplinari e le Scienze dell'Educazione

Ogni area è organizzata in moduli, che possono prevedere sia lezioni teoriche, sia attività di laboratorio, sia eventuali esercitazioni interdisciplinari, sia opportuni rapporti con le esperienze di tirocinio.

I moduli dell'area delle Scienze dell'Educazione hanno lo scopo di fornire le conoscenze relative a strumenti e metodi per l'analisi della situazione di partenza del preadolescente e dell'adolescente, il passaggio alla formulazione degli obiettivi di apprendimento delle discipline, la lettura pedagogica della relazione

educativa docente-allievi-genitori-scuola, la gestione collegiale, l'organizzazione delle attività di insegnamento e la valutazione. Per quanto riguarda l'area delle didattiche specifiche le proposte curriculari dei vari indirizzi sono organizzate in ragione delle competenze professionali che si ritengono necessarie per l'insegnante della relativa classe di concorso.

**I moduli sono strutturati in una Parte generale, che concerne l'epistemologia delle discipline e il problema generale della loro trasposizione didattica e in Laboratori didattici.**

## I laboratori didattici: dal sapere sapiente al sapere da insegnare

I temi sono stati individuati in modo da intrecciare i nodi fondamentali del "sapere sapiente" con i problemi che si riscontrano nella pratica di insegnamento.

I lavori dei laboratori didattici sono il punto di partenza per progettare il tirocinio nelle scuole secondarie ove si affronterà la trasposizione dal "sapere da insegnare" al sapere insegnato concretamente agli allievi nelle classi.

Ogni laboratorio prevede:

- l'inquadramento del problema dal punto di vista: a) disciplinare ed epistemologico; b) rispetto agli ostacoli (epistemologici, didattici, cognitivi); c) didattico.

- la proposta di un lavoro agli studenti, che può comprendere un momento in cui i corsisti fungono da insegnanti e allievi

- la valutazione e un commento finale sul lavoro svolto

- un'ipotesi di sviluppo per il tirocinio  
Alla fine di un laboratorio lo studente dovrà possedere gli strumenti necessari per il montaggio di una situazione didattica sul tema del laboratorio, essere in grado di utilizzare libri di testo, sussidi didattici, eventuali strumenti scientifici, di esplicitare gli obiettivi dell'apprendimento in termini di "sapere" e di "saper fare" e di valutarne il raggiungimento.

## Tipologie dei laboratori didattici

I laboratori didattici sono distinti in tre tipologie:

a) laboratori disciplinari specifici per ogni classe di concorso

b) laboratori trasversali comuni a più classi di concorso

c) laboratori trasversali che richiedono la copresenza di esperti di Scienze dell'Educazione

## IL CURRICOLO DELL'AREA SCIENZE NATURALI

**Classe A013 (Chimica e tecnologie chimiche)**

**Classe A060 ( Scienze Naturali, Chimica, Geografia, Microbiologia)**

(\*)Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata dell'Università di Torino

Corso M. D'Azeglio 48, 10125 Torino

## Le competenze disciplinari da formare

**Classe 013-** Il candidato all'ingresso della scuola ha le competenze disciplinari di base della chimica, ma potrà dover completare, seguendo corsi universitari indicati tra i debiti, la sua preparazione nel campo delle tecnologie chimiche, dell'analisi strumentale, delle esercitazioni sperimentali. Questo in quanto l'abilitazione dà accesso non solo all'insegnamento della Chimica generale ed organica nei bienni, ma anche alle discipline di indirizzi di tipo chimico quali Chimica industriale, Impianti chimici, Analisi tecniche, ecc.

I corsi che potrà seguire nella scuola di specializzazione gli daranno competenze disciplinari relative a:

- trattazione didattica dei nodi concettuali della chimica e della chimica industriale

- sviluppo storico della chimica in rapporto alle altre scienze sperimentali e alla tecnologia

- problemi specifici della didattica delle varie discipline chimiche

- ruolo didattico, organizzazione, gestione e valutazione dell'attività di laboratorio

- rapporto della chimica con le altre scienze sperimentali, la vita quotidiana, l'educazione ambientale

- i problemi della sicurezza nei laboratori alla luce della normativa vigente

- utilizzo di programmi informatici nella didattica delle discipline chimiche

- preparazione di un curriculum, analisi di programmi e di libri di testo

- l'informazione e il linguaggio nella didattica delle scienze

**Classe 060-** Questa classe di concorso comprende una grande varietà di discipline, che possono essere ricondotte a tre grandi campi: Scienze della vita - Scienze della Terra - Chimica.

Nessuna laurea può fornire una preparazione sufficiente, per cui, pur limitando i requisiti di accesso a conoscenze di base che i candidati a volte dovranno acquisire prima di sostenere le prove di ammissione, la loro preparazione dovrà essere completata mediante la frequenza a corsi universitari che verranno individuati sulla base dei curricula personali degli allievi stessi.

I corsi che potrà seguire nella scuola di specializzazione gli daranno competenze disciplinari relative a:

- trattazione didattica dei concetti strutturali delle discipline oggetto di insegnamento

- sviluppo storico delle scienze sperimentali e interrelazioni tra conoscenza scientifica, tecnologia, società e ambiente

- problemi specifici della didattica delle

varie discipline

- utilizzo degli strumenti disciplinari nell'affrontare didatticamente temi interdisciplinari

- ruolo didattico, organizzazione, gestione e valutazione dell'attività sperimentale in laboratorio e sul terreno

- i problemi della sicurezza nei laboratori e nelle esercitazioni in campo alla luce della normativa vigente

- preparazione di un curriculum, analisi di programmi e di libri di testo

- l'informazione e il linguaggio nella didattica delle scienze

## IMODULI

**Parte generale** - Vengono attivati i seguenti moduli, ciascuno di 25 ore, fra i quali lo studente dovrà scegliere secondo modalità diverse per le due classi di concorso e, nell'ambito della classe 060, tenendo conto anche della diversa preparazione di base acquisita nei corsi di laurea che danno accesso a questa abilitazione.

a) Storia ed epistemologia della scienza (2 moduli)

b) Storia della tecnologia (2 moduli)

c) Pratica osservativa e sperimentale (2 moduli)

d) Didattica delle Scienze della Natura (2 moduli)

e) Didattica della Chimica di base (1 modulo)

f) Didattica della Chimica industriale (1 modulo)

**Classe A013** - lo studente dovrà seguire:

- 1 modulo del corso e

- il modulo del corso e

- il modulo del corso f

- 2 moduli a scelta fra quelli dei corsi a,b,c

- 1 modulo a scelta libera

**Classe A060** - lo studente dovrà seguire:

- 1 modulo a scelta tra quelli del corso e

- i 2 moduli del corso d

- 2 moduli a scelta tra quelli dei corsi a,b,c,e

- 1 modulo a scelta libera

## Laboratori didattici

Sono previsti i seguenti laboratori, ciascuno di 25 ore, tra i quali lo studente dovrà scegliere secondo modalità diverse per le due classi di concorso.

## Temi disciplinari

a1) Il laboratorio nella didattica della chimica

a2) Processi chimici industriali

a3) L'analisi chimica (\*)

a4) Strumenti informatici per l'insegnamento della chimica

a5) I concetti strutturali della chimica (\*)

a6) La chimica nella vita quotidiana

a7) La chimica e l'educazione ambientale (\*)

a8) Relazioni struttura chimica - proprietà - funzioni

a9) Esperienze di laboratorio in Scienze Naturali: l'esplorazione del mondo microscopico (\*)

a10) Attività sperimentali sul terreno ed escursioni didattiche (\*)

a11) Varietà ed unitarietà nelle strutture e nelle funzioni

a12) I concetti strutturali della Biologia (\*)

a13) I concetti strutturali delle Scienze della Terra

a14) Dinamica ambientale e rischio nelle Scienze della Terra (\*)

a15) Materiali e risorse energetiche nelle Scienze della Terra

a16) Scienze della natura ed educazione ambientale

*I temi a1-a8 sono a scelta per la classe 013*

*I temi a5-a16 sono a scelta per la classe 060*

## Temi trasversali

b1) Flussi di energia e trasformazioni di materia nei viventi (\*)

b2) Didattica, linguaggio, scienza (\*)

b3) La sicurezza nei laboratori fisici, chimici, biologici e nelle attività in campo

b4) Il linguaggio nell'insegnamento delle scienze

b5) Concettualizzazione e misura dell'energia: un campo di integrazione per diverse discipline scientifiche

b6) Scienza ed etica

Lo specializzando dovrà fare 6 moduli di **parte generale** (al primo anno) e, nei due anni, 12 **laboratori didattici** scelti tra quelli indicati per la classe corrispondente. I laboratori segnati con (\*) vengono attivati nell'anno 1999-2000; insieme ad alcuni laboratori trasversali con copresenza di esperti di Scienze dell'educazione (Guida alla preparazione di un curriculum, Guida all'analisi di un libro di testo, ...).

## IL TIROCINIO

L'obiettivo fondamentale del tirocinio per la SIS è quello di introdurre lo specializzando nella vita e nell'attività della scuola, ai fini dell'acquisizione di competenze proprie della professione docente. Tali competenze riguardano sia la pratica di insegnamento delle discipline proprie della classe di abilitazione, sia gli aspetti collegiali, gestionali, programmatori propri della scuola.

L'inserimento in una scuola si propone come esperienza in un ambiente qualificante, se-

condo un progetto coerente sia con gli obiettivi formativi e professionalizzanti della SIS, sia con la progettualità della scuola in cui avviene il tirocinio.

L'organizzazione del tirocinio passa attraverso la preparazione di un progetto, concordato tra la scuola e la SIS, che si formalizza infine con la stipula di una convenzione.

Nel progetto vengono definite le classi concorsuali e il numero di tirocinanti accolti, il tipo di attività specifiche, gli insegnanti tutori, le strutture disponibili, le risorse a carico della SIS.

E' molto importante il coinvolgimento delle famiglie, in quanto può concorrere alla creazione di un clima favorevole all'iniziatiava all'interno della scuola.

### IRAPPORTI CON LE SCUOLE SECONDARIE

Le possibili interazioni SIS-scuola sono molteplici e destinate ad esercitare un forte impatto su entrambe le strutture.

#### *Il tirocinio*

Il tirocinio è necessario alla SIS, in quanto concreta la preparazione professionale degli specializzandi, ma è utile anche

alle istituzioni scolastiche che in questo modo instaurano con l'Università un rapporto non occasionale che potrà favorire sia la formazione in servizio di tutto il personale docente, sia l'autonomia di ricerca, sviluppo e sperimentazione riconosciuta dalla legge alle scuole, sia infine l'autovalutazione professionale dei singoli e delle attività di Istituto.

#### **I docenti utilizzati**

E' stato effettuato il concorso, previsto dal D.M. 2.12.1998, per l'utilizzo a tempo parziale presso la SIS di 35 docenti di ruolo, esperti dei problemi relativi alle varie professionalità. L'utilizzo ha durata biennale, rinnovabile per un ulteriore biennio.

Le attività svolte dai docenti utilizzati oltre alla collaborazione all'organizzazione tecnica, consistono:

- nella progettazione, programmazione e coordinamento, insieme ai docenti della SIS, dei contenuti e metodi delle attività di tirocinio
- nel curare il raccordo del progetto di tirocinio con la programmazione didattica delle singole scuole nelle quali si svolge il tirocinio, interagendo con gli inse-

gnanti delle stesse

- nel supporto e organizzazione degli specializzandi nel lavoro di preparazione, svolgimento, valutazione della concreta attività di tirocinio
- nella partecipazione alle riunioni di verifica e di valutazione intermedie e finali delle attività di tirocinio
- nel proporre alla ricerca universitaria, sia di base che applicata, problemi che possano essere affrontati in campo dai docenti della SIS

#### *I docenti della SIS*

La Scuola si potrà avvalere, oltrechè della collaborazione di docenti degli Atenei piemontesi e di altre Università, anche, come professori a contratto per i Laboratori didattici, di docenti della scuola secondaria scelti tra gli utilizzati, i tutor o comunque esperti qualificati in tematiche specifiche della SIS.

E' inoltre possibile utilizzare docenti della scuola secondaria di particolare esperienza didattica come collaboratori mediante l'erogazione di borse di sostegno alla didattica, ai sensi dell'art.33 dello Statuto dell'Università di Torino.

**Tab.1 - SIS DEL PIEMONTE**

Classi concorsuali attivate nell'a.a. 1999-2000		
AREA	CLASSE	N. AMMESSI
SCIENZE NATURALI	013 -Chimica e Tecnologie chimiche	15
	060 -Scienze naturali, chimica, geografia, microbiologia	25
FISICO-INFORMATICA-MATEMATICA	038-Fisica	15
	047-Matematica	50
	049-Matematica e Fisica	50
LINGUISTICO-LETTERARIA	043-Italiano, Storia, Ed. civ., Geografia nella Sc. Media	50
	050- Materie letterarie negli istituti sec. di 2° grado	25
	051/052-Materie letterarie, latino/greco	50
LINGUE STRANIERE	245-Lingua straniera francese	10
	346-Lingua e civiltà inglese	40
ECONOMICO-GIURIDICA	017-Discipline economico-aziendali	25
	019-Discipline giuridiche ed economiche	25
DELL'ARTE E DEL DISEGNO	007-Arte della fotografia e della grafica	10
	018-Discipline geometriche, architettoniche...	5
	025-Disegno e storia dell'arte	5
TECNOLOGICA	034-Elettronica	25

N. totale di studenti ammessi : 425

## COMMISSIONE CURRICOLI DELLA DDC/SCI

*Quelli che seguono sono i documenti a cui farà riferimento la commissione di lavoro nel momento in cui si articolerà in quattro sottocommissioni. Si prospetta infatti la necessità di recuperare, pur nella ristrettezza dei tempi che impediscono una approfondita discussione, una certa omogeneità di linguaggio, di concetti e di orientamenti. I documenti sono stati stilati a cura di alcuni componenti del comitato promotore e brevemente discussi nella prima riunione della commissione avvenuta a Firenze il 5/10/1999*

### Quali condizioni per il rinnovamento del curricolo di scienze?

Carlo Fiorentini

#### 1. Premessa

E' diffusa tra gli esperti di didattica delle scienze, per lo meno da qualche decennio, la consapevolezza della crisi drammatica dell'insegnamento scientifico nella scolarità preuniversitaria. Sono state conseguentemente avanzate alcune proposte innovative, che non hanno, tuttavia, minimamente incrinato il paradigma dominante che ciò sia avvenuto in conseguenza della debolezza teorica delle scienze.

Il sistema attuale è ben identificabile come una struttura resistente al cambiamento in modo totalitario, solidale con la cultura di generazioni di insegnanti, caratterizzata dall'identificazione dei saperi accademici specialistici con i saperi che devono essere trasmessi, nel corso della scolarità preuniversitaria, sulla base di ovvie mediazioni didattiche tramandate dal senso comune di una tradizione didattica secolare.

Negli ultimi decenni, con la trasformazione della scuola in tutti i paesi industrializzati in scuola di massa, questo impianto è entrato in crisi per una molteplicità di problemi, tutt'altro che riducibili a questioni di rinnovamento di tecniche didattiche. La crisi dell'insegnamento scientifico - e probabilmente dell'insegnamento della maggior parte delle discipline - o detto, in altre parole, il problema dell'individuazione di un curricolo (il che cosa e il come insegnare alle varie età) adeguato ad una situazione economica, sociale e culturale incompatibilmente diversa da quella di alcuni decenni fa, impone la necessità di ricercare soluzioni nuove su un terreno molto più complesso di quello su cui si sono collocate molte proposte innovative del passato. E' entrata definitivamente in crisi l'idea che sia possibile *trasmettere in modo significativo* l'enciclopedia dei saperi scientifici, linearizzati dalla secolare pratica sco-

lastica di adeguamento dei pacchetti di verità scientifiche - purificate dalle scorie della complessità della reale ricerca scientifica - che meritavano di essere trasmesse alle nuove generazioni. Ormai da molto tempo viene prospettata la necessità di un approccio totalmente diverso, basato sull'assunto che sia necessario "scegliere e concentrarsi", "insegnare alcune cose bene e fondo, non molte cose male e superficialmente", e che sia quindi indispensabile individuare "nuclei fondanti" (Maragliano, 1997). Questa è tuttavia un'operazione avventurosa perché postula le necessità di destrutturare i saperi tramandati dalla tradizione manualistica e di iniziare a costruire nuove architetture di conoscenze scientifiche che possano entrare in consonanza con le strutture cognitive e motivazionali degli studenti di una scuola ormai da molto tempo non più selettiva ed elitaria.

Queste nuove ipotesi di curricolo dovranno indubbiamente essere caratterizzate da determinate metodologie didattiche, diversamente articolate in relazione sia all'età dei discenti che alla specificità dei saperi disciplinari. Ma tutto ciò, per non ricadere nell'illusione didatticistica delle innovazioni passate, dovrà saldarsi, da una parte, con un profondo ripensamento epistemologico del sapere scientifico scolastico - tuttora ancorato ad una visione cumulativa e dogmatica della scienza alla luce dei contributi della filosofia e della storia della scienza degli ultimi decenni, e dall'altra, con la necessità di prospettare un modello psicopedagogico per l'insegnamento scientifico consapevole di ciò che rimane ancora oggi significativo - al di là delle mode e delle infatuazioni momentanee - dei contributi più alti della pedagogia e della psicologia dell'apprendimento di questo secolo.

#### 2. Il problema epistemologico nel rinnovamento dell'educazione scientifica

La maggior parte degli esperti che hanno avanzato negli ultimi decenni nuove proposte per l'insegnamento scientifico hanno quasi sempre fatto riferimento alla rivoluzione epistemologica degli ultimi cinquant'anni, essendo consapevoli che essa ha generato una "nuova visione della scienza" radicalmente diversa da quella usualmente presente nell'insegnamento scientifico.

Generalmente, tuttavia, il nodo epistemologico non è stato da loro considerato centrale nel ripensamento culturale e pedagogico-didattico dell'insegnamento scientifico.

La nostra visione è invece opposta: riteniamo che sia necessaria una rivoluzione copernicana nell'insegnamento scientifico,

co, perché esso è ancora spesso ancorato ad una visione della scienza di stampo ottocentesco, di tipo cumulativo, continuista e dogmatico, che costituisce, a nostro parere, la causa fondamentale della sua inefficacia formativa.

Le rivoluzioni scientifiche dei primi decenni del Novecento (relatività e meccanica quantistica) e la successiva rivoluzione epistemologica (Bachelard, Popper, Kuhn, ecc.) hanno fornito una nuova concezione della scienza. In questa è stata totalmente messa da parte la nozione di verità assoluta ed è stata posta al centro la dimensione dell'ipotesi, non solo in riferimento al contesto della scoperta ma anche a quello della giustificazione. Nella nuova visione della scienza, anche le teorie più solide devono essere considerate ipotesi: scienza è continua rimessa in discussione anche delle conoscenze più consolidate, è atteggiamento critico, è critica della tradizione.

La scienza rappresenta, d'altra parte, il tentativo di spiegare il noto per mezzo dell'ignoto, di spiegare il comune mondo dell'esperienza quotidiana per mezzo di congetture che sono quasi sempre molto al di là o addirittura in contraddizione con le conoscenze di senso comune. Lo sviluppo della scienza è quindi costantemente caratterizzato da elementi di discontinuità (Popper, 1969).

Le considerazioni precedenti delineano gli aspetti più significativi della scienza rivoluzionaria, ma vi è anche una scienza normale che ha caratteristiche ben diverse e per molti aspetti opposte (Kuhn, 1962). L'immagine della scienza, che si ricava dal dibattito epistemologico successivo alla pubblicazione del libro di Kuhn "*Le rivoluzioni scientifiche*", è indubbiamente più articolata e complessa di quella delineata da Popper. Tuttavia, il dualismo scienza normale - scienza rivoluzionaria, e più in generale questo dibattito, non hanno minimamente indebolito la caratteristica della discontinuità. Anzi, gli epistemologi che hanno preso le distanze dalla visione di Popper, ritenendola idilliaca, hanno vieppiù accentuato l'aspetto della discontinuità tra le varie teorie, fino ad arrivare a sostenere l'incommensurabilità tra i diversi paradigmi (Feyerabend, 1975).

Negli ultimi decenni, molte ricerche hanno evidenziato l'inefficacia dell'insegnamento scientifico e ne hanno individuato la causa principale nella lontananza tra le conoscenze scientifiche che vengono insegnate e le concezioni spontanee e le strutture cognitive degli studenti (Grimellini Tomasini e Segrè, 1991). Conseguentemente sono state effettuate analisi epistemologiche molto interessanti di specifici concetti, o sono state prospettate significative proposte didattiche in riferimento a specifiche problematiche, ma riteniamo che generalmente delle precedenti considerazioni epistemologiche non sia stata evidenziato il *ruolo pedagogico-didattico fondante* per un rinnovamento significativo



vo dell'insegnamento scientifico.

Noi pensiamo che uno degli obiettivi principali dell'insegnamento scientifico sia quello, di carattere trasversale alle specifiche discipline scientifiche, di costruire un'immagine la più adeguata possibile della scienza. E un aspetto importante di questa immagine aggiornata è indubbiamente costituito dal superamento della concezione dogmatica della conoscenza scientifica. Se ciò, tuttavia, costituisse soltanto una pur importante esigenza culturale, ma estrinseca alle dinamiche psicologiche dell'apprendimento, probabilmente essa continuerebbe a rimanere una buona intenzione pedagogica, d'altra parte inutilmente proclamata da moltissimo tempo. Riteniamo, invece, che la *causa fondamentale* dell'inefficienza dell'insegnamento scientifico tradizionale risieda proprio nella sua *impostazione epistemologica*, sostanzialmente ancora tardo ottocentesca, contraddistinta da molteplici aspetti tra loro solidali, quali il dogmatismo, l'enciclopedismo, il riduzionismo, il formalismo e il continuismo.

La deriva scienziata è approdata a degli esiti paradossali sul piano pedagogico-didattico, in quanto ha contribuito a sviluppare in molti studenti un'immagine della scienza opposta a quella che ha ispirato i grandi scienziati degli ultimi quattro secoli, ad identificare nella scienza una nuova scolastica o una moderna magia: infatti molte conoscenze scientifiche sono astruse, esoteriche nei loro tecnicismi, risultano incomprensibili ai più e perspicue soltanto a pochi eletti.

### 3. I metodi della scienza

Fanno parte del senso comune alcuni slogan sul metodo della scienza, spesso etichettato come metodo galileiano o metodo sperimentale. E nonostante che la riflessione epistemologica abbia da molto tempo evidenziato una maggiore complessità del problema, non risulta molto più sofisticato il senso comune generalmente presente nella formazione universitaria e nella manualistica scientifica. Spesso la descrizione che viene fornita del metodo scientifico è sostanzialmente quella del procedimento induttivo anche in quei casi in cui si fa ricorso - avendo evidentemente captato per lo meno qualche termine dal dibattito epistemologico - all'etichetta di procedimento ipoteticodeduttivo, come metodo caratteristico della scienza sperimentale.

Ci troviamo di fronte ad un nodo di fondo, perché le metodologie di tipo induttivo sono cosa radicalmente diversa dai procedimenti ipotetico-deduttivi - c'è anche chi confonde il metodo ipotetico-deduttivo con il procedimento deduttivo -. Il senso comune misconosce tutto ciò, miscela brandelli di nozioni eterogenee ed in modo magico ripropone l'ormai mitico metodo scientifico (alla faccia del rigore scientifico); ma soprattutto, e a maggior ragione, neanche immagina le conseguenze peda-

gogico-didattiche di queste distinzioni.

La diversità non sta nel fatto che il metodo ipotetico-deduttivo sia la riproposizione di un modo di fare scienza pregalileiano, ma consiste nel ritenere che molti concetti scientifici non siano stati ricavati con un procedimento osservativo-sperimentale, ma con attività di tipo creativo. Il procedimento induttivo presuppone, invece, che una mente sgombra da pregiudizi individui un certo problema, inizi a fare osservazioni e arrivi quindi alle ipotesi, per poi trovare gli esperimenti adatti per verificarle o confutarle. Lo sviluppo della scienza sarebbe quindi avvenuto in modo cumulativo e lineare attraverso attività di osservazione sistematica della natura.

I grandi scienziati che in modo creativo hanno proposto nuove ipotesi, e quindi nuovi concetti in un determinato campo disciplinare, conoscevano generalmente a fondo quel problema sia sul piano teorico che osservativo-sperimentale; tuttavia, le nuove conoscenze scientifiche significative sono emerse per mezzo di processi inventivi che andavano molto al di là dell'esperienza, del quotidiano, del percettivo, delle conoscenze consolidate, dove il quotidiano per lo scienziato sono non tanto le conoscenze di senso comune, ma i paradigmi dominanti.

Nuove teorie emergono dalla capacità di alcuni scienziati di andare oltre i paradigmi accettati e di creare ipotesi che le teorie consolidate non fanno neppure immaginare, e che le osservazioni, di per sé, non fanno percepire. Quasi tutti i concetti fondamentali delle diverse discipline scientifiche hanno rappresentato una *rottura*, una *discontinuità* rispetto alle concezioni accreditate nelle diverse comunità scientifiche in un determinato periodo storico. In molti casi, la discontinuità è stata di tale portata da impedire la comunicazione tra gli innovatori e gli scienziati più anziani. La storia della scienza fornisce infatti innumerevoli esempi di affermazione delle nuove teorie solo dopo la morte dei sostenitori dei paradigmi precedenti. È stato introdotto il concetto di riorientamento gestaltico per indicare il fatto che i nuovi concetti spesso non si siano limitati ad ampliare la conoscenza, ma abbiano determinato un modo radicalmente diverso di percepire la realtà (Kuhn, 1962).

Discutere del *metodo scientifico* non è quindi una disquisizione accademica, ornamentale, da collocare, come fanno tutti i manuali nel primo capitolo, e ininfluente rispetto alla trattazione successiva delle varie problematiche. Comprendere la centralità, nello sviluppo della scienza, del metodo ipotetico-deduttivo, pur senza arrivare alle posizioni popperiane di antinduttivismo radicale, significa prendere consapevolezza della centralità nella scienza della discontinuità e delle connesse *implicazioni pedagogico-didattiche*.

Qui sta il bandolo della matassa: comprendere effettivamente le considerazioni pre-

cedenti, e cioè il nesso inscindibile tra procedimento ipotetico-deduttivo e discontinuità, permette di fornire una spiegazione generale ai risultati delle ricerche, già menzionate, sulle concezioni degli studenti. Dalle ricerche emerge che la maggioranza degli studenti alla fine della scuola secondaria superiore ha conoscenze inadeguate nei vari ambiti disciplinari ed un atteggiamento prescientifico che fanno sostanzialmente riferimento al senso comune. Occorrerebbe stupirsi non tanto di questi risultati, ma se essi fossero invece sostanzialmente diversi.

La mancanza di comprensione si riferisce anche ai concetti più elementari della struttura delle varie discipline scientifiche e non solo a quelli più formalizzati. Ora è sufficiente pensare a quale riorientamento gestaltico abbiano dato origine, per esempio, le teorie di Galileo, Newton, Lavoisier e Darwin, per rendersi conto come i *concetti elementari dell'organizzazione specialistica* delle discipline scientifiche siano tutt'altro che elementari sul piano epistemologico e psicologico.

Mentre nella concezione tradizionale della scienza, dogmatica e lineare, ogni nuovo concetto appare come un ovvio ampliamento di quelli precedenti, nella nuova concezione, ogni nuovo concetto significativo è il prodotto del superamento di un *ostacolo epistemologico* (Bachelard 1972). Mentre nella vecchia concezione, ogni concetto è di per sé evidente grazie alla sua collocazione nell'ordine deduttivo della disciplina, nella seconda, ogni concetto significativo può essere compreso nella misura in cui colgono le connessioni e le discontinuità con le problematiche che ne hanno permesso l'invenzione (Bruner 1996). Mentre la prima concezione contempla una struttura delle conoscenze scientifiche di tipo logico-deduttivo, grammaticale, linguistico, la seconda ipotizza una organizzazione delle conoscenze di carattere problematico, contestuale e semantico, grazie all'utilizzo della storia e dell'epistemologia.

Dovrebbe essere nata da tempo la domanda del perché l'insegnamento scientifico più diffuso continui ad essere quello tradizionale, ispirato ad una visione della scienza superata, nonostante i risultati catastrofici sul piano formativo. Le motivazioni sono sia di carattere generale, culturale e politico che di carattere specifico. Le motivazioni generali, che riguardano non soltanto l'insegnamento scientifico, ma tutte le discipline scolastiche, consistono nella sfasatura storica che si è verificata in Italia negli ultimi quaranta anni tra la realizzazione della scuola di massa e la comprensione delle condizioni di carattere culturale-pedagogico-curricolare e conseguentemente istituzionale che avrebbero potuto effettivamente garantire la qualità formativa.

La scuola italiana è diventata da molti decenni di massa, ma l'insegnamento scientifico è ancora oggi improntato ad un mo-

dello di scuola selettiva ed elitaria, nel quale l'obiettivo fondamentale non è quello di utilizzare alcune conoscenze significative delle scienze per contribuire alla formazione di tutti i cittadini, ma è quello di individuare i pochi eletti che saranno in grado di comprendere sofisticati formalismi e potranno quindi continuare la ricerca nei vari ambiti specialistici. I limiti ed i punti di forza dell'insegnamento scientifico tradizionale erano stati evidenziati più volte nel passato. E' sufficiente ricordare alcune considerazioni di Kuhn; egli afferma da una parte "che si tratta di un'educazione rigida e limitata, forse più rigida e limitata di ogni altro tipo di educazione, fatta eccezione della teologia ortodossa" e dall'altra "che prepara lo studente a diventare membro della particolare comunità scientifica (...)" Per la ricerca all'interno della scienza normale, per risolvere rompicapo all'interno della tradizione definita dai manuali lo scienziato viene preparato quasi alla perfezione" (Kuhn, 1962). In Italia, i dati nuovi, di grande rilevanza rispetto al 1962 (che è casualmente l'anno sia della riforma della scuola media che della pubblicazione del libro di Kuhn *Le rivoluzioni scientifiche*) sono la radicale modifica con la scuola di massa del contesto sfolastico e la constatazione dell'inefficacia formativa del modello tradizionale dell'insegnamento scientifico.

#### 4. *Le discontinuità del curricolo*

Le considerazioni precedenti sul metodo ipotetico-deduttivo e sulla discontinuità hanno delle implicazioni divergenti sull'impostazione dell'insegnamento scientifico nella prima fase della scolarità (fino a 13-14 anni) e nella seconda fase (fino a 18-19 anni). Per quest'ultima, che coincide con la scuola secondaria superiore, le conseguenze culturali e metodologiche sono immediatamente ricavabili dalle considerazioni precedenti. E' necessario mettere da parte l'impostazione specialistica, lineare ed enciclopedica usuale ed iniziare a porre come variabile fondamentale il contesto entro cui è inserita una qualsiasi disciplina scientifica. Mentre oggi ci troviamo di fronte all'insegnamento della stessa struttura concettuale - in realtà della stessa enciclopedia di nozioni in alcuni indirizzi nel biennio ed in altri nel triennio, in determinati casi in un solo anno scolastico con 2-3 ore settimanali, ed in altri per più anni; in futuro occorrerà invece ribaltare tale logica, partendo primariamente dal contesto, nella consapevolezza della necessità di tempi lunghi per potere comprendere alcuni concetti, per non limitarsi più soltanto alla memorizzazione di nozioni scientifiche senza significato per lo studente.

L'insegnamento dovrebbe essere caratterizzato da un'impostazione di tipo problematico e contestuale, che permetterebbe di affrontare molte delle conoscenze generalmente presenti anche nell'impostazione tradizionale, seppur in una prospettiva completamente diversa, quella che abbia-

mo cercato di delineare nei paragrafi precedenti. L'obiettivo fondamentale dovrebbe essere quello di realizzare la comprensione dei concetti elementari della struttura specialistica delle varie discipline. Aspetti più specialistici potrebbero essere affrontati soltanto in corsi pluriennali del triennio. Per esempio, nel caso della chimica nel biennio occorrerebbe trattare le teorie ed i concetti della chimica classica, quali il concetto di elemento, composto, di trasformazione chimica, e rimandare al triennio le teorie di questo secolo, quali quelle del legame chimico. Per la prima fase della scolarità, le implicazioni curriculari delle precedenti considerazioni epistemologiche sono invece quelle di non includere nel curricolo neppure i concetti elementari della struttura specialistica delle discipline scientifiche - da rimandare al biennio come si è già detto - in quanto la loro comprensione presuppone, da una parte, lo sviluppo di determinate competenze operativo-logico-linguistiche, e dall'altra, contemporaneamente, l'acquisizione di specifiche conoscenze e competenze di tipo fenomenologico. Pensiamo che sia indispensabile un curricolo longitudinale all'interno di una prospettiva di continuità educativa, ritenendo superato ormai da molto tempo il curricolo tradizionale (e non solo per le scienze sperimentali) caratterizzato dalla discontinuità fasulla attualmente esistente tra i 3 gradi scolastici. E immaginiamo la continuità educativa connessa al curricolo verticale, non tanto come una melassa indistinta, ma come la progettazione di una proposta educativa maggiormente in consonanza con le discontinuità reali che si realizzano durante la crescita del soggetto e che, d'altra parte, caratterizzano anche il materiale di studio.

Nello specifico del curricolo longitudinale delle scienze sperimentali, noi pensiamo che siano necessarie alcune discontinuità, e che indubbiamente quella più rilevante si dovrebbe realizzare nel passaggio tra scuola media e scuola secondaria superiore. I motivi che ci portano ad individuare questa età sono innanzitutto di tipo teorico (psicologici, pedagogici ed epistemologici), ma vi è anche un aspetto più pragmatico, legato alla tradizione culturale e scolastica italiana, lo spazio limitato, cioè, che le scienze sperimentali continuano ad avere nella scuola elementare e media (2 ore alla settimana), nonostante le riforme significative che hanno caratterizzato questi gradi scolastici.

### **Ricerca di un lessico comune per la progettazione curricolare nella Scuola dell'autonomia**

*Fabio Olmi*

#### **1. Premessa**

L'attuazione dell'autonomia scolastica da parte delle scuole deve trovare nella

ristrutturazione dei cicli della scuola preuniversitaria e nella ridefinizione dei curricoli il completamento di un processo di riforma che altrimenti lascerebbe la scuola "in mezzo al guado". Oggi però, nell'accingersi a mettere mano alle nostre proposte disciplinari nell'ambito di un curricolo verticale, abbiamo dinanzi dei paletti fondamentali entro i quali articolare le proposte: *la Camera ha approvato recentemente la struttura della nuova scuola* e quindi si può pensare che il cammino del progetto di riforma dei cicli sia ormai in discesa. Da questa proposta emerge la seguente articolazione:

- a) ciclo primario : 4 anni ( ex elementare) + 3 anni (ex media) + esame
- b) ciclo secondario : 2 anni (biennio orientativo dell'obbligo ; rilascio di un diploma) + 3 anni ( triennio di indirizzo ed Esame di Stato o comunque conclusione dell'obbligo formativo) .

*Il lavoro della Commissione dovrà tener conto di questa articolazione della scuola, ma dovrà contemporaneamente ricercare un lessico comune per tutti i livelli scolari e, tenendo conto delle ricerche compiute in questi ultimi 20-25 anni, fondarsi su parametri di riferimento psicologici, pedagogico-didattici, storico-epistemologici se non comuni, almeno largamente condivisi.*

A tale scopo, svilupperemo qui due punti:

- una proposta di analisi e definizione dei termini fondamentali propri della scuola dell'autonomia...alla ricerca di un lessico comune;
- una proposta di articolazione dei curricoli coerente con la scuola dell'autonomia

#### **2. Alla ricerca di un lessico comune**

Il processo di insegnamento/apprendimento (i/a) nella scuola dell'autonomia è caratterizzato da due elementi essenziali, quello della **flessibilità** e della **progettualità**: *flessibilità del percorso di i/a e progettualità degli itinerari attraverso i saperi*. Poiché ogni scuola avrà un suo Piano dell'Offerta Formativa (POF), toccherà in definitiva al Ministero fornire i "paletti" entro cui esercitarla (struttura dei diversi cicli, discipline fondamentali presenti, nuclei concettuali portanti delle discipline, standard di uscita, monte orario annuale delle varie discipline...) e toccherà ai docenti ( come collegialità e come singoli) attuare la flessibilità e la progettazione.

*La flessibilità è rivolta essenzialmente a llo scopo di consentire all'allievo di costruirsi un percorso personalizzato-guidato* ( resta ancora da definire come). Questo percorso dovrà contenere, attraverso l'acquisizione di una serie di crediti formativi, **una consistente base di apprendimenti comuni ( circa il 70%), una quota di apprendimenti obbligatori ma differenziati (circa il 25%),** scelti tra una serie di apprendimenti offerti, e infine potrà contenere **elementi opzionali propri di ciascuna offerta formativa (circa il 5%).**

La flessibilità opera anche a livello di sviluppo del curricolo nell'arco dell'anno: il curricolo, organizzato per moduli (v. avanti), potrà articolarsi in modo diverso nel corso dell'anno, ad esempio concentrandosi in alcuni periodi e rarefacendosi o scomparendo in altri.

La flessibilità opera a livello di curricolo disciplinare consentendo progettazione di percorsi tra loro diversi ( si intreccia con la progettualità) e variazioni della consistenza oraria di ciascun curricolo disciplinare nella misura massima di 15% del monte ore che lo caratterizzano; ciò può tradursi in *compensazione* tra due o più discipline o ridistribuzione interna del monte ore della disciplina con introduzione di elementi caratterizzanti particolari ( si sviluppa, cioè la tendenza a trasportare all'interno dei curricoli quello che prima erano "i saperi" extracurricolari).

La flessibilità opera infine a livello di orario delle lezioni e questo, fermo restando l'orario per gli studenti, può essere variabile per i docenti nel corso dell'anno in funzione del POF.

**Trasversalità** - Per *trasversalità...* "intendiamo la presenza nei curricoli delle diverse discipline di obiettivi e principi metodologici comuni, tali da assicurare un **rinforzo reciproco** tra i diversi apprendimenti e da garantire uno sviluppo complessivo dell'intelligenza (intelligenze?) attraverso le discipline" (1). La scuola dell'autonomia si sta orientando su un "pacchetto" orario settimanale d'obbligo non superiore alle 30 ore; d'altra parte il curricolo non potrà contenere un numero troppo elevato di discipline (la modularità degli i/a non dovrà costituire un pretesto per la moltiplicazione delle discipline!). Diventa allora essenziale la componente trasversale nella nuova progettazione curricolare.

La **trasversalità si costruisce sulle discipline** e non deve essere un pretesto per depotenziarle a livello di scuola secondaria. Trasversalità significa anche ricerca di *sintonia, coordinazione nello sviluppo tra le discipline* e può essere operante essenzialmente in 4 ambiti e avere diversi livelli di espressione:

-i metodi di i/a ( ad esempio nello sviluppo dei concetti partire sempre da situazioni problematiche, far riferimento alle condizioni da creare per favorire un apprendimento efficace (fasi),ecc.);

-l'ambito cognitivo (la comprensione e l'uso dei modelli,ecc.)

-l'educazione ai valori (disponibilità alla verifica e alla revisione critica di ogni conoscenza,ecc.)

-la relazione tra saperi e loro uso sociale (responsabilità sociale dell'uso delle conoscenze, ecc.)

(per maggiori dettagli cfr. 2).

#### **Modularità**

Il "Regolamento in materia di autonomia delle istituzioni scolastiche" (30/10/98) agli art. 4 ed 8 stabilisce alcuni criteri da seguire nella programmazione didattica e nella

progettazione curricolare ( nell'ambito del POF) facendo riferimento a **moduli**. La programmazione didattica non si sviluppa più attraverso un *continuum* di Unità Didattiche nell'arco dell'anno di cui, pur prevedendo puntuali verifiche dell'apprendimento, si risponde però alla fine dell'anno su tutto l'arco dell'apprendimento stesso.

L'ottica del processo di i/a cambia e si introduce il concetto di acquisizione di *crediti* da parte dello studente e della "quantizzazione" o segmentazione degli insegnamenti/apprendimenti (un credito non acquisito costituisce un debito che deve essere saldato per proseguire un certo itinerario di apprendimento, ma può rimanere anche non saldato se ininfluenza per altri): *il curricolo si trasforma perciò in una rete flessibile di moduli di tipo disciplinare o multi, o interdisciplinari*. Al termine del modulo è prevista una *certificazione* che rende esplicito il suo eventuale superamento.

Cos'è dunque un modulo? Prima dell'introduzione dell'autonomia si parlava di programmazione didattica espressa in Unità Didattiche, ognuna delle quali veniva articolata in moduli. Oggi per modulo si intende invece un "contenitore" medio-grande di un certo numero di U.D.. Sono state date numerose definizioni di modulo, anche molto diversificate tra loro (qualcuno ne ha contate più di 40!), ma in definitiva si può assumere come significato soddisfacente il seguente:

**un modulo formativo costituisce " ...un ambiente di apprendimento per il quale sia stato definito il progetto didattico..."** (U. Margiotta) e cioè:

- **le competenze, e quindi le conoscenze e le abilità, che si prevede di far acquisire**

- **quali segmenti di una o più discipline concorrono a costituire gli apprendimenti attesi**

- **quante e quali U.D. formano il modulo**

- **esemplificazione della rete di "connessioni" che il modulo può avere all'interno della**

**disciplina o nell'ambito multi - o interdisciplinare considerato**

- **i soggetti coinvolti nella realizzazione e le risorse necessarie al suo sviluppo**

- **le modalità di attuazione (metodologia, tempi, criteri e strumenti di verifica...)**

- **momento della verifica e sua eventuale certificazione**

- **eventuale recupero**

Non bisogna però avere del modulo un concetto troppo rigido: attualmente, quando nell'arco dell'anno si sviluppano alcuni moduli, deve prevalere l'ottica di insieme e si potrà (eccome!) far riferimento ad un modulo anche pregresso per dare continuità al discorso; come pure acquista senso una valutazione finale (annuale) che tenga conto del superamento di un certo numero

di moduli.

La modularità del percorso scolastico (o comunque formativo) assume particolare importanza a livello di biennio terminale dell'obbligo: qui il carattere di orientatività (soprattutto del I anno del biennio) si traduce proprio nella possibilità di "modulare" gli insegnamenti/apprendimenti e nel potere lasciarne alcuni per affrontarne altri (sono previsti moduli "passerella" da un ambito ad un altro) fino a trovare il percorso globalmente più rispondente all'indirizzo (o comunque all'uscita dal sistema scolastico) più adatto alle proprie potenzialità ed esigenze.

Da quanto è stato discusso in questi ultimi anni sembra farsi avanti l'esigenza di non fornire alcun esplicito riferimento a particolari metodi didattici quando si forniscono indicazioni metodologiche all'interno dei moduli, quanto piuttosto far riferimento a opportune "fasi" di i/a facendo implicito riferimento alla pluralità di modelli didattici dell'ultima generazione, superando il riferimento un po' angusto alla didattica (di Stato!) per obiettivi (v. più avanti).

### **3. Articolazione dei curricoli**

#### **Competenze, conoscenze, abilità**

All'insegnante spetta la progettazione del **percorso didattico modulare**, al Ministero PI spetta la fissazione degli *standard*, o traguardi di apprendimento, che devono essere raggiunti al termine dei diversi cicli scolari (il cui raggiungimento viene certificato dagli esami o dagli scrutini di fine anno), la definizione delle *discipline* della parte comune del curricolo, il loro *monte ore annuale* e le indicazioni in termini di *competenze, conoscenze e abilità* relative ai **nuclei concettuali fondanti essenziali individuati per ciascun livello scolastico** (\*). Viene superata la struttura dei tradizionali "programmi" (compresi quelli Brocca): nella scuola dell'autonomia si "parla una lingua diversa" dal passato.

La struttura dei "programmi" ministeriali dovrà indicare (nell'ambito di un auspicato alleggerimento dei contenuti) i nuclei fondanti essenziali per tutti (core curriculum) e prevedere intersezioni e/o integrazioni dettate dalla contaminazione con altre discipline o dovute a esigenze di approfondimento di determinati concetti; tale struttura dovrebbe indicare i seguenti punti (v. proposta emersa dal Forum delle Associazioni (3)):

-Finalità - il termine conserva l'usuale significato che ha avuto nei programmi passati (v. pag 97-99 Brocca.biennio, pag. 115 per quelle particolari del Lab fi/ch, pag 294/95 Brocca trienni per finalità della chimica negli indirizzi "generalisti") e indica la *promozione di atteggiamenti, di consapevolezza, di comportamenti, di acquisizioni di vario tipo che la scuola si propone di conseguire intenzionalmente in generale o attraverso una certa disciplina.*

-**Competenze**

Un profilo culturale si qualifica per le competenze che lo costituiscono dove **per competenza si intende un insieme di qualità di varia natura ( conoscitive, operative, ecc.) che il soggetto deve possedere per poter svolgere con successo (risultati positivi) compiti di natura diversa, non necessariamente ripetitivi , coerenti con quelle qualità.**

Un quadro culturale basato sulle competenze ha una stabilità maggiore rispetto a un "catalogo" di conoscenze tipico dei programmi di impostazione ottocentesca. La dinamicità del quadro culturale contemporaneo produce una continua ristrutturazione degli ambiti della conoscenza producendo aggregazioni e disaggregazioni imprevedibili: si deve perciò stabilire un equilibrio tra le esigenze di stabilità della formazione, che può essere assicurata dal possesso di un repertorio di competenze opportuno, e la dinamicità del quadro culturale. Alcuni elementi del profilo culturale è necessario che siano stabili, ma è necessario che altri si aprano alla comprensione della realtà contemporanea B. Vertecchi, (4)). Le competenze, poi, devono essere distribuite lungo tutto l'arco del percorso formativo.

Si possono distinguere *competenze generali* ( non legate alle determinazioni disciplinari) e *competenze specifiche* ( o concorrenti) che si riferiscono a determinati ambiti di conoscenza: le prime devono essere definite dal governo del sistema scolastico e ne assicurano l'unità; le seconde vengono definite dagli esperti di settore . Requisito comune a entrambe deve essere quello di consentire la verifica obiettiva del loro conseguimento da parte degli allievi.

Si possono pertanto individuare **competenze (5):**

- **culturali**
- **conoscitive**
- **operative**
- **metodologiche**
- **interpretative**
- **comunicative**

**Una volta definite le competenze si può pensare di definire livelli standard per ciascuna:** questo è necessario per permettere il passaggio degli allievi da un indirizzo ad un altro o ad altre opportunità formative.

**-Standard di apprendimento fissati su scala nazionale e riferiti al termine del ciclo.** Essi costituiscono **traguardi da raggiungere alla fine di un percorso scolastico e rappresentano "...un insieme condiviso di alti livelli di acquisizione .." espressi in termini di competenze**

Su tali standard verteranno gli esami ( o le verifiche) di fine ciclo.

*Definire uno standard* significa esplicitare i suoi elementi componenti (v.es National

(\*) Non parliamo di contenuti minimi, primo perché non si tratta di soli contenuti e non parliamo di "minimi" poiché sembrano rappresentare una soglia tra decenza/ indecenza (accettabilità/inaccettabilità) assai ambigua da definire.

curriculum inglese, (6)) e cioè:

\* precisare l'ambito dei contenuti (non necessariamente concetti-chiave), temi e/o argomenti di afferenza

\* descrivere la *performance* richiesta

\* precisare il livello di espressione della *performance* (a partire da quello pienamente accettabile)

\* indicare lavori-tipo indicativi del possesso di vari livelli di *performance* per studenti e docenti , accompagnati da vari commenti.

Per ciascun anno i docenti fisseranno **traguardi formativi** in accordo agli standard di fine ciclo e questi saranno espressi in termini di competenze, conoscenze e abilità: su questi l'insegnante organizza la propria progettazione didattica.

Si distinguono due diversi criteri di definizione degli standard formativi a seconda che ci si riferisca al ciclo dell'obbligo oppure ai trienni degli indirizzi: gli standard per il ciclo dell'obbligo sono identici per tutti gli allievi (e il loro raggiungimento o meno determina una selezione orientativa), quelli dei trienni variano al variare dei differenti indirizzi (sono standard che determinano una effettiva selezione "interna").

**-Conoscenze e abilità**

Si tratta di termini già largamente noti su cui non sembra necessario tornare. Da tener presente che il rispetto dell'autonomia progettazione da parte del docente "...autonomo" e il rispetto della libertà didattica a cui sempre ci si richiama, impongono il riferimento a conoscenze espresse in termini di **nodi concettuali essenziali (per tutti)** e approfondimenti e/o ampliamenti estesi anche ad intersezioni con altre discipline. Nella stesura dei curricula può essere opportuno far riferimento a **Temì e Nuclei concettuali essenziali** riferiti ad essi (5). Strettamente connesse alle conoscenze sono poi le abilità la cui articolazione, però, ha senso a livello di progettazione di ciascun modulo.

**-Metodologie**

Si è sviluppato un lungo dibattito all'interno del Forum delle Associazioni (1998-99) sulla necessità di accompagnare le proposte di contenuto a proposte di metodo. Intanto dobbiamo sciogliere l'ambito a cui le metodologie fanno riferimento: ci si può riferire a *metodologie didattiche* come pure di *metodologie scientifiche* che si possono seguire nel proporre all'apprendimento certi contenuti. Data l'attuale formazione degli insegnanti in servizio, se è da rifiutare il suggerimento nei programmi di particolari metodologie didattiche (per non ricadere in nuovo suggerimento di una sorta di "didattica di stato" come è accaduto nel recente passato nel nostro Paese per la didattica per obiettivi (come accennato in precedenza), è pur sempre necessario indicare a livello esemplare quelle che sono le *fasi più importanti* attraverso cui passa una didattica che si propone un apprendimento efficace, senza far riferimento a nessuna teoria della didattica (che gli insegnanti per questa via rifiuterebbero).

Per quanto riguarda l'ambito delle metodologie scientifiche con cui si possono affrontare più correttamente l'i/a di certi contenuti, è opportuno muoversi anche qui a livello esemplare, senza entrare nel merito di teorie che solo una opportuna, ma per il momento carente, formazione dei docenti può fornire.

Le modalità di esemplificazione possono essere quelle di riportare lo sviluppo esemplare di un Modulo, affiancandolo ad esempio da una mappa concettuale che ne chiarisca diversi possibili percorsi e diversi possibili metodi di traduzione in itinerari didattici.

**Riferimenti**

- 1) Forum delle Associazioni- "Per una progettazione integrata dei curricula: dimensioni trasversali dell'educazione" ( 13/2/99)
- 2) F.Olmi- Chimica e trasversalità- CnS-La chimica nella scuola, 3/1999, p.65
- 3) Forum delle Associazioni- Protocollo per l'elaborazione dei contributi delle Associazioni per la giornata "Quali competenze per i nuovi curricula" -(8/5/99)
- 4) B. Vertecchi- (Conferenza- Aprile 1999)
- 5) DD/SCI- Proposta di curriculum per il biennio di orientamento - Maggio 1999 (in corso di pubblicazione su Annali della P.I.)
- 6) -The National Curriculum - DFE- Department for Education- England- (1988)

**Sviluppo cognitivo e riforma dei cicli scolastici**

*Ermanno Niccoli*

*Alla fine degli anni '70, mentre nelle scuole si faceva più forte l'interesse per le tassonomie di Bloom e per la programmazione didattica, l'approfondito studio di Karl Frey, "Teorie del curriculum", apriva la strada a molti dubbi. L'opera verrà pubblicata in Italia da Feltrinelli.*

*Karl Frey aveva individuato curricula a carattere contenutistico e a carattere psicologico ed una vasta serie di curricula di tipo intermedio, egli sperava di individuare una teoria generale che unificasse tutta questa materia, tuttavia nel fare questo aveva avuto dovuto prendere atto della pluridimensionalità irriducibile di questo oggetto e della sua complessità.*

*Un esempio dei problemi, che s'incontrano nel condurre un'analisi curricolare è dato dalla difficoltà a distinguere prima e coniugare dopo obiettivi e contenuti. Gli insegnanti non hanno risolto la questione in quasi venti anni di programmazione scolastica ma, dopo avere accettato in maniera acritica certe teorie, si sono insabbiati in estenuanti attività definitorie, vagamente tautologiche.*

Dazio nella prefazione al libro del Frey affermava che <<...contenuti e obiettivi di apprendimento sono inseparabili e in parte spesso si identificano. Una separazione

netta tra i due tipi di tassonomie, che ad essi corrispondono, riflette certo la situazione, ma comporta una dicotomia tra contenuti e obiettivi che rende impossibile la costruzione di un curriculum...>>. Gli stessi ostacoli si incontrano quando si cerca di calare le tassonomie nei vari ambiti disciplinari, ci si ritrova di fronte ad una analoga dicotomia e, nel tentativo di aggirare la difficoltà, si applica una meccanica giustapposizione che ha una scarsa ricaduta didattica.

In questa sede vorrei partire da una affermazione di Daziano secondo il quale il processo di insegnamento non si compone di tecniche di lavoro o di passi conoscitivi oggettivi ma di una successione organizzata di decisioni. Quindi si tratterebbe da parte nostra di predisporre una organizzazione di contenuti e procedure che aiuti gli insegnanti a prendere decisioni.

*Le decisioni, che il docente forte della sua conoscenza del contesto può prendere sul campo, servono appunto a fronteggiare la complessità ma soprattutto la scarsa prevedibilità del processo; complessità e imprevedibilità sono legate alla situazione contingente, in cui si opera, e alle proiezioni a lungo termine, dipendono dall'ambiente sociale, dai bisogni del discente, dai bisogni del docente e dalle peculiarità disciplinari. Si possono quindi determinare numerose situazioni differenti che richiedono strumenti flessibili nella gestione del curriculum.*

*La maggiore autonomia del docente e il carattere modulare dello strumento, che devono essere predisposti, servono appunto a conferire la flessibilità richiesta. Ciò che si deve fare, tenuto anche conto delle caratteristiche dei nuovi cicli scolastici, è di aiutare il docente a conciliare le esigenze della disciplina con le esigenze della riforma a medio e lungo termine, evitando incongruenze rispetto allo sviluppo cognitivo degli studenti.*

*Riepilogando, l'attività che ci aspetta si potrebbe sviluppare su tre piani:*

- effettuare un'analisi disciplinare per individuare i concetti fondanti su cui costruire i moduli;
- creare una rete concettuale i cui nodi sono rappresentati dai moduli e di cui si prevedono un certo numero di collegamenti; su questa base i docenti costruiranno i loro percorsi didattici;
- predisporre modalità e strumenti che stimolino ma non prevarichino lo sviluppo cognitivo dello studente.

*Il terzo punto richiede qualche riflessione aggiuntiva: è necessario molto empiricamente adottare come criteri guida una o più teorie sufficientemente consolidate, fermo restando che, analogamente a quanto avviene per il curriculum, una teoria generale complessiva dello*

*sviluppo cognitivo forse non è possibile, comunque le teorie di Piaget appaiono come le più affidabili e complete. esse, come noto, prevedono uno sviluppo mentale che procede attraverso una serie di stadi successivi che molto sommariamente possono essere così elencati:*

- Stadio dell'intelligenza senso-motoria (0-2 anni)
- Stadio preoperazionale (2-7 anni)
- Stadio delle operazioni intellettuali concrete (7-12 anni)
- Stadio delle operazioni intellettuali formali (12-16 anni)

Di questi stadi si dovrà tenere conto al momento di programmare i curricoli da applicare alle varie fasce di età. Non è evidentemente possibile in questa sede entrare nel merito di una materia così vasta ma, rimandando per un primo avvicinamento alla bibliografia segnalata, è necessario fare alcune sottolineature nel tentativo di acquisire un linguaggio comune. Prendiamo in considerazione lo stadio preoperazionale: questo ha carattere prelogico, anche se con il linguaggio compaiono simboli, giochi simbolici, rappresentazione anche a distanza di tempo, il tutto però si svolge in una situazione di egocentrismo; sintetizzando, il pensiero simbolico non sfocia nel pensiero logico, le rappresentazioni prevalgono sull'attività operatoria.

Nello stadio delle operazioni intellettuali concrete gli studenti maturano la capacità di effettuare operazioni mentali su contenuti concreti e percepibili, si deve sottolineare che ciò non significa che essi siano incapaci di astrazioni. In questo lungo periodo si acquisiscono la nozione di spazio, di misura, di durata e di età, di spostamento e di velocità, di sostanza, di peso, di classe, di serie, di numero e di casualità. Al completarsi di questo stadio si acquisisce una modalità di pensiero più reversibile e la capacità di individuare le grandezze invarianti durante un processo di trasformazione, condizioni queste indispensabili per la maturazione del pensiero scientifico.

Nello stadio successivo le operazioni intellettuali formali non consistono nel compiere astrazioni, cosa che il bambino fa agevolmente, ma nel compiere operazioni mentali su oggetti astratti; così si acquisiscono alcune strutture cognitive fondamentali per la cultura scientifica quali attività combinatoria, sistemi di riferimento e moto relativo, probabilità, compensazione moltiplicativa, correlazioni ecc.

Naturalmente il passaggio da uno stadio a quell'altro è graduale ed avviene attraverso una serie di sottostadi che determinano delle fasi di transizione.

Tenuto conto che una delle parole d'ordine della riforma è "trasversalità", vale la pena di notare che molte specifiche abili-

tà legate alle strutture cognitive rappresentano di fatto una parte significativa dei possibili obiettivi trasversali alle varie discipline.

*Tuttavia nel momento in cui si va a calare tale teoria nella didattica di un specifica disciplina, le indicazioni di Piaget devono essere lette tenendo presenti i seguenti punti:*

- Piaget sottolinea con forza che lo sviluppo si determina sotto una duplice spinta cioè l'interazione con l'ambiente e l'affettività, ne segue che si deve tenere nell'adeguata considerazione l'influenza dell'ambiente sociale;
- l'acquisizione di una determinata struttura cognitiva inizialmente può essere labile, subire regressioni e può richiedere di essere consolidata;
- le strutture acquisite in un determinato ambito disciplinare non si estendono automaticamente agli altri ambiti disciplinari, la trasversalità deve essere realizzata;
- le strutture acquisite nel trattare un determinato modulo non si estendono immediatamente ad altri moduli (*decalage orizzontale*), ciò si verifica solamente se la struttura cognitiva è pienamente dominata;

· una struttura può essere conseguita in ritardo rispetto ad altre strutture dello stesso livello (*decalage verticale*);

· in tutte le indagini condotte, anche nell'ambito della didattica chimica, si sono osservati sensibili ritardi di età rispetto a quanto previsto dalla teoria di Piaget, pur rimanendo invariata la sequenza prevista dei vari stadi dello sviluppo.

*Ferma restando la successione dei vari stadi e delle età di riferimento, a causa dei fattori suddetti si può verificare un ampliamento delle fasce di transizione nonché della disomogeneità dei gruppi in apprendimento (classi).*

A questo punto è utile raffrontare, mediante il prospetto che segue, i passaggi dello sviluppo cognitivo e le scadenze dei cicli scolastici.

Come si può vedere le fasi dello sviluppo previste non coincidono di fatto con le scadenze stabilite per i cicli scolastici, anche se le fasce di transizione (nello schema segnate approssimativamente in grigio), attenuano queste sfasature..

*La fase delle operazioni intellettuali concrete nella parte iniziale è in netto ritardo rispetto all'inizio del primo ciclo, un momento molto delicato in quanto c'è il pericolo di irrompere con una impostazione scientifica in un mondo preoperazionale dominato dalla fantasia e da un atteggiamento prelogico pertanto le prime osservazioni di natura scientifica è bene che si collochino all'inizio del secondo o addirittura del terzo anno del primo ciclo.; la parte finale, dove si gettano le fonda-*

ta del sapere scientifico, a causa degli inevitabili ritardi nello sviluppo coincide

nare induttivamente sarà più adatta nella scuola di base. Per la costruzione della co-

riguarda quindi l'identificazione dei contenuti che possono essere proposti; per questi contenuti può essere opportuno stabilire un a differenziazione in tre categorie:

- Contenuti minimi, che costituiscono la "conditio sine qua non": Si tratta dei contenuti la cui acquisizione può essere considerata indispensabile per tutti;
- Contenuti intermedi, che costituiscono quella che dovrebbe essere la media raggiunta da un allievo normale che lavori in condizioni normali;
- Contenuti ottimali, che costituirebbero un complemento per gli allievi particolarmente interessati alla disciplina.

La rigidità dello schema è in buona parte apparente, e comunque riguarda solo il nocciolo duro dei contenuti minimi; per contenuti intermedi e soprattutto per quelli ottimali si tratta invece di definire insieme piuttosto ampi, fra i quali effettuare delle scelte. Ci si trova, in definitiva, a dover identificare quello che è il nucleo portante di una disciplina; la difficoltà principale è costituita dal fatto che questa identificazione non deve essere intesa in termini assoluti, ma deve essere rapportata all'età degli allievi a cui si fa riferimento. Si tratta, in altri termini, di un nucleo in evoluzione, per il quale la struttura ufficiale della disciplina costituisce solo il termine finale, pertinente al livello universitario. La presente nota è indirizzata, facendo riferimento alla struttura dei cicli scolastici attualmente in fase di approvazione, al secondo sottociclo del ciclo primario.

Tralasciamo quanto riguarda la formazione degli insegnanti della scuola media, problema per il quale ci si sta per trovare di fronte a un'autentica patata bollente. A questo punto, ragionando da un punto di vista didattico-disciplinare, occorre porsi la seguente domanda: quali sono i contenuti chimici che interessano al livello della scuola media, e in che modo si giustifica questa scelta?

La proposta dovrebbe essere articolata. I criteri sui quali, a parere di chi scrive, deve avvenire la scelta dei contenuti sono due:

- L'utilità generale per le attività quotidiane che non prevedano conoscenze specialistiche;
- La posizione fondamentale per la formazione di una cultura minima, che consenta fra l'altro la lettura critica e l'interpretazione dei messaggi che ci piovono da tutte le parti, sotto forma di pubblicità e altro. Con il primo criterio vengono soddisfatte le necessità di base per il cittadino; nel secondo criterio possono rientrare i "nuclei fondanti" della disciplina, almeno per quanto attiene al livello scolastico in esame. Sul modo di identificare i contenuti relativi ai due criteri occorre aprire la discussione. Come base, alcune osservazioni:
- Fra le attività quotidiane alcune sono di tipo "diretto", come la manipolazione di sostanze di ogni tipo e la preparazione di miscele; altre sono invece indirette, come l'impiego di apparecchiature che contengono materiali nocivi (pile e batterie, per

			Scuola materna			Primo ciclo						Secondo ciclo					
Senso motorio			Preoperazionale			Operazioni intellettuali concrete						Operazioni intellettuali formali					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Età

quasi con la chiusura del secondo ciclo. La fase delle operazioni formali, se si considerano i prevedibili ritardi, concorda abbastanza bene con il secondo ciclo. In questa fase si completano i fondamenti della cultura scientifica. Concludiamo facendo osservare che il livello dei programmi svolti non è solo legato alla natura dei contenuti ma dipende dal tipo di trattazione, dal linguaggio ed dalle rappresentazioni usate cioè dalle metodologie scelte.

### Aspetti didattici e pedagogici dell'insegnamento scientifico

Aquilini Eleonora, Bagni Giuseppe

Il problema dell'insegnamento scientifico è l'accesso ai significati dei concetti scientifici disciplinari. Riteniamo che questo sia possibile conferendo ad essi un'organizzazione adatta che non prescinda da considerazioni storico - epistemologiche.

Tale operazione deve essere preceduta dalla individuazione dei concetti scientifici più importanti della disciplina sia in relazione alla sua organizzazione specialistica attuale che alle strutture cognitive dello studente, che alle sue concezioni di senso comune.

L'organizzazione dei concetti scientifici nella scuola di base e nella scuola superiore deve essere diversa e tale distinzione deve basarsi principalmente su considerazioni riguardanti la psicologia evolutiva.

Il riferimento principale è la teoria degli stadi di Piaget nelle sue linee essenziali e incontestabili: gli stadi esistono anche se non sono precisamente localizzati nel tempo e legati da una specie di automatismo biologico.

L'importante è che lo stadio delle operazioni formali, indipendentemente da quando lo si raggiunga, è comunque preceduto da quello delle operazioni concrete.

Teoricamente questi due stadi sono quelli in cui si trovano rispettivamente gli alunni delle scuole superiori e quelli della scuola di base. Ciò implica che la comprensione del procedimento ipotetico deduttivo tipico dello sviluppo scientifico non può esserci quando la capacità di astrazione non è ancora sviluppata. Una impostazione fenomenologica in cui sia possibile ragio-

noscenza ad ogni età si considera di centrale importanza il costruito piagetiano di *assimilazione e accomodamento*. In altre parole non è possibile comprendere quello che le strutture cognitive non sono preparate ad accogliere. L'apprendimento deve essere graduale e ciò comporta che l'insegnante di materie scientifiche sia consapevole della stratificazione dei concetti scientifici.

Di centrale importanza è il ruolo del linguaggio nello sviluppo dei concetti e nella loro acquisizione. Il riferimento a Vygotskij è quindi imprescindibile. In particolare la traduzione in *linguaggio scritto* delle osservazioni fatte sui fenomeni studiati nella scuola di base, attiva il sistema di attivazione simbolico che è appunto quello della consapevolezza.

Le definizioni nella scuola di base devono essere cioè operative, ossia alla fase di osservazione del fenomeno deve seguire una fase più lunga di riflessione e concettualizzazione in cui il linguaggio giochi un ruolo significativo sia nella dimensione individuale che collettivo.

L'insegnamento sarà disciplinare in senso stretto nella scuola media secondaria. Non si potrà lavorare quasi mai in modo induttivo perché le leggi e le teorie sono quasi sempre in discontinuità con il senso comune e non deducibili dall'osservazione diretta dei fenomeni.

Si tratterà di scegliere i nuclei fondanti della disciplina, contestualizzando storicamente ed epistemologicamente i problemi.

### La chimica nella scuola media presente e futura: spunti per una discussione.

Pierluigi Riani

Uno dei punti chiave del progettato riordino dell'istruzione preuniversitaria italiana riguarda una chiara definizione degli obiettivi che devono essere conseguiti dagli allievi nei diversi cicli scolastici. Questi obiettivi possono essere divisi in categorie diverse; una di queste categorie può, almeno grosso modo, essere espressa in termini di conoscenze specifiche che devono essere state acquisite. Abbiamo quindi una categoria che possiamo chiamare di "obiettivi di contenuto" o, più semplicemente, di "contenuti".

Uno dei compiti della didattica disciplinare

fare un esempio scontato).

- Per la base culturale, alcuni punti sono necessari per l'interpretazione dei messaggi (acidi e basi, ad esempio), altri possono essere considerati indispensabili per il proseguimento degli studi (e fra questi il modello particellare della materia).

- Alcuni concetti chiave della chimica non sono proponibili al livello della scuola media, o sono proponibili con estrema difficoltà; fra questi i concetti di sostanza pura, di elemento e di composto.

- Nella proposta dei concetti chimici fondamentali, può essere utile tener presente

lo sviluppo storico degli stessi; quando possibile è auspicabile fornire una base sperimentale effettiva.

- E' opportuno porre l'attenzione su quei concetti che hanno una rilevanza "di servizio" per le altre discipline scientifiche.

- Una parte importante di tutto il lavoro sulle scienze sperimentali, parte nella quale la chimica deve giocare il suo ruolo, è quella relativa all'intervento delle scienze nella vita moderna. Questo tipo di lavoro deve essere impostato già a partire dalla scuola elementare, e deve avere fra l'altro lo scopo di fornire un'immagine corretta

della chimica. N.B.: non si parla di contrastare l'immagine negativa, in quanto in un corretto percorso didattico non si dovrebbero avere effetti di questo genere; d'altra parte si avrà sempre a che fare con il prodotto di pubblicità e altro.

*Proposte come quella del "sillabo" di chimica, avanzate negli anni '80, devono essere complessivamente superate, in quanto facevano riferimento a un modello di disciplina troppo strutturato per la scuola media.*

---

---

## Invito alla sorveglianza da parte dei colleghi docenti nei prossimi concorsi riservati per la classe 013A-Chimica e Tecnologie Chimiche

Le vicende relative agli accorpamenti avvenuti nella costituzione della classe di concorso n°013A - Chimica e tecnologie chimiche fanno sì che laureati "in altro" (cioè non laureati in: chimica, chimica industriale, chimica e tecnologia farmaceutiche, ingegneria chimica, ingegneria dei materiali), se inseriti nella graduatoria provinciale permanente di supplenza, possano partecipare:

1. quando abilitati sia alle procedure abilitanti sia a tutte le future procedure concorsuali: D.M. n°39 del 30/01/1999 Art.5, comma n.2 ;

2. quando non abilitati per una sola volta (!?!) sia alle procedure abilitanti sia alle procedure concorsuali: D.M. n°39 del 30/01/1999 Art.5, comma n.5.

### Quanto segue è riferibile ai laureati "in altro" non abilitati.

La condizione per partecipare ai "corsi abilitanti" è che si sia svolto un servizio di 360gg. tra l'anno scol.1989/90 ed il 25/5/99 di cui almeno 180 a decorrere dall'anno scol.1994/95.

Il D.M. n°334 del 24/11/94 (Suppl.Ord. G.U. n.16 del 20/1/95) che è quello dell'accorpamento, ha avuto applicazione per i docenti precari (abilitati e non abilitati) dall'anno scol.1995/96 quando era già operante la O.M.341 del 31/10/95, che stabiliva che in caso di nomine per supplenze i laureati "in altro" non abilitati potevano essere nominati, su cattedre di Chimica, solo in via residuale; ovvero solo quando, anche se collocati in posizione susseguente nella graduatoria, si erano esauriti i docenti provvisti di titoli idonei (laureati in chimica, chimica

industriale ecc).

Dall'anno scol.1996/97 i laureati provvisti dei titoli idonei anche se non abilitati hanno precedenza di nomina, su cattedre di Chimica, perfino nei confronti dei docenti abilitati laureati "in altro": D.M. 151 del 17/4/96 (G.U. n°126 del 31/5/1996, tuttora operante e valido per la stipula dei prossimi contratti a tempo determinato per l'anno scol.1999/2000).

Da quanto sopra si deduce che solo in caso di esaurimento di docenti non abilitati provvisti di titoli idonei nelle varie graduatorie provinciali e/o d'istituto, caso alquanto improbabile, laureati "in altro" non abilitati abbiano potuto maturare i 180gg., a partire dall'anno scol.1994/95, nella classe di concorso n°13A - Chimica e tecnologie chimiche - cod.mecc.A013. Nel caso che alcuni laureati "in altro" siano provvisti di tale requisito SI PREGANO I COLLEGHI DOCENTI LAUREATI NELLE DISCIPLINE CHIMICHE CHE HANNO TITOLO AD IMPARTIRE INSEGNAMENTI DI CHIMICA, onde evitare possibili futuri inserimenti e/o recriminazioni, DI INDAGARE COME CIO' SIA POTUTO ACCADERE. Quello che vi richiedo non è un lavoro difficile: le classi dei corsi abilitanti andranno da un numero minimo di 20 ad un massimo di 50 partecipanti, generalmente i colleghi provvisti di titoli idonei sono in numero talmente esiguo da conoscersi tra di loro (posso affermarlo io per la provincia di Roma), le cattedre di chimica non sono in numero illimitato pertanto non dovrebbe essere impossibile la riconoscibilità di un insegnante di Chimica che abbia svolto ben 180gg.

di servizio negli ultimi quattro anni.

Le norme per la partecipazione al concorso riservato permettono di scegliere quale singolo "Corso abilitante" si voglia seguire tra i tanti a cui il proprio diploma di laurea concede accesso. Se qualche laureato "in altro" ha svolto il servizio richiesto (360gg. come sopra specificato) in altra classe di concorso appare alquanto improbabile che poi nella domanda per la partecipazione al concorso riservato abbia optato per la nostra.

La Circolare Ministeriale n°215 dell'8/09/1999 recante chiarimenti in merito al concorso riservato (reperibile su siti internet e/o giornali specializzati nell'argomento scuola) al punto 3: VALUTAZIONE DEL SERVIZIO 4° capoverso recita: "Ai docenti non abilitati di cui ... **viene valutato il servizio prestato ai fini del conseguimento dell'abilitazione per la classe di concorso accorpata nel nuovo ordinamento**"; pertanto se tali docenti attualmente vi precedono nella graduatoria provinciale potrebbero avere un servizio nelle classi accorpate superiore al vostro e il loro punteggio nei 20 punti valutati nel risultato finale dell'abilitazione come professionalità acquisita in servizio (!?!) sarà sicuramente maggiore.

Ho usato "potrebbero avere" perché anche su questo bisognerà vigilare: p.es. il laureato in scienze biologiche che avesse un servizio nella classe di concorso n°060A non potrà fare valere questo nella valutazione del servizio professionalità acquisita per la n°013A, dato che la classe 060A non è stata accorpata nella 013A (Art.9 comma 15 O.M.n°153 del 5/06/99 G.U. n°57 - 4ª Serie Speciale del 20/7/1999).

Livia Mascitelli



# CnS

**LA CHIMICA NELLA SCUOLA**

**GIORNALE DI DIDATTICA DELLA SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA**

**ANNO XXI, 1999**

## **REDAZIONE**

**PAOLO MIRONE**, *Direttore responsabile*

**PASQUALE FETTO**, *Redattore*

## **COMITATO DI REDAZIONE**

LORIS BORGHI, LIBERATO CARDELLINI, PASQUALE FETTO  
ERMANNICO NICCOLI, RAFFAELE PENTIMALLI, PIERLUIGI RIANI,  
PAOLO EDGARDO TODESCO

## **COMITATO SCIENTIFICO**

ALBERTO BARGELLINI, LUCA BENEDETTI, ALDO BORSESE,  
CARLO BUSETTO, RINALDO CERVELLATI, LUIGI CERRUTI (Presidente della Divisione di  
Didattica della SCI), FRANCO FRABBONI, MANLIO GUARDO, GIANNI MICHELON,  
EZIO ROLETTO, EUGENIO TORRACCA

# INDICE ANNUALE

## C<sup>n</sup>S

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

ANNO XXI, 1999

Gennaio-Febbraio	1- 32
Marzo-Aprile	33 - 64
Maggio-Giugno	65 - 104
Settembre-Ottobre	105 - 137
Novembre-Dicembre	138 - 183

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

## INDICE PER AUTORI

### A

**Ambrogi Paola, Marchelli Rosalba, Mori Giovanni.** Additivi alimentari: conoscenze e pregiudizi di studenti delle scuole superiori. **4**, 121

**Anastasia Mario.** La selezione per gli allenamenti pre-olimpiadi. **3**, 94

**Anastasia Mario.** Selezioni nazionali, XXXI Olimpiade - *I risultati*. **4**, 128

**Andreoli Roberto, Gavioli Battistuzzi G.** Determinazione della costante cinetica della reazione di riduzione dello ione persolfato con ioni ioduro mediante misure potenziometriche con elettrodo ionoselettivo a ioduro. **5**, 167

### B

**Benedetti Luca.** Nascita e primi passi della Chimica nella Scuola. **2**, 34 *Editoriale*

**Berretti Mauro, Debegnach Michele.** Chimica spettacolare-Un percorso insolito di didattica della chimica nella scuola. **3**, 95

### C

**Carasso Mozzi Fausta, Tollot Maria Grazia.** Per ridefinire il potenziale formativo della disciplina chimica. **2**, 37

**Cardellini Liberato, Felder Richard M.** L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli allievi. **1**, 18

**Cardellini Liberato.** Ancora prolemi. **1**, 25

**Carpignano R., Lanfranco D., Manassero G., Pera T.,**

**Maurizi L., Terzaghi R.** Un percorso didattico di chimica nel nuovo corso di laurea per maestri. **2**, 47

**Carpignano Rosarina.** La scuola di specializzazione per la formazione degli insegnanti della scuola secondaria superiore in Piemonte. **5**, 173

**Cerruti Luigi.** Conferenza Nazionale sull'Insegnamento della Chimica: Comunicato finale. **1**, 31

**Cervellati Rinaldo.** Preistoria e storia delle reazioni chimiche oscillanti. **2**, 40

**Chastrette M., Larrouy M.B., Bouraoui K.** Il modello VSEPR e la sua evoluzione. **1**, 8

**Condolo Gianni, Roletto Ezio.** L'energia-Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica, Parte I - Il campo semantico dell'energia. **2**, 53

**Condolo Gianni, Roletto Ezio.** L'energia-Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica, Parte II - Gli schemi mentali degli allievi. **3**, 79

**Condolo Gianni,** - vedi **Roletto Ezio**

**Conti Giovanni, Gianni Paolo.** La Calorimetria. **1**, 12

**Costa Giacomo.** Le giornate di studio sulla "Formazione scientifica nelle scuole secondarie"- *Resoconto*. **3**, 101

**Costa Giacomo.** La didattica della chimica: prospettive per il nuovo secolo. **5**, 138 -*Editoriale*

### D

**Debegnach Michele,** - vedi **Berretti Mauro**

### F

**Felder Richard M.,** - vedi **Cardellini Liberato**

**Fetto Pasquale.** Convegno Nazionale "Etica della professione docente" - *Resoconto*. **3**, 101

**Fetto Pasquale** - vedi **Fabio Olmi**

## G

**Gavioli Battistuzzi G.** I corsi di perfezionamento in didattica della chimica nell'Università di Modena - Rinnovo nella continuità. **2**, 35 *Editoriale*

**Gavioli Battistuzzi G.**, - vedi **Andreoli Roberto**

## L

**La Manna Gianfranco.** An exercise on the evaluation of average values of observables. **3**, 71

**Lanfranco D.**, - vedi **Carpignano R.**

**Lanza Pietro.** Attività, coefficiente di attività... malintesi e luoghi comuni. **1**, 3

## M

**Malpezzi M. Cristina**, - vedi **Remondini Mauro**

**Mammino Liliana.** L'atomo matematico. **4**, 112

**Manassero G.**, - vedi **Carpignano R.**

**Marcato Livia, Francesco Temi.** Sull'analogia tra agenti nucleofili e basi di Lewis. **4**, 135

**Marchelli Rosalba**, - vedi **Ambrogio Paola**

**Marino Gianlorenzo.** VIII Congresso Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica. *Resoconto*. **5**, 166

**Mascitelli Livia.** Invito alla sorveglianza... **5**, 183

**Maurizi L.**, - vedi **Carpignano R.**

**Mirone Paolo.** I Cento anni della mole. **1**, 1 *Editoriale*

**Mirone Paolo.** I vent'anni di CnS - La "preistoria" della Chimica nella Scuola. **2**, 33 *Editoriale*

**Mirone Paolo.** Perché la chimica è difficile. **3**, 67

**Mirone Paolo.** Le scuole di specializzazione per insegnanti - Una sfida per l'università. **4**, 105 *Editoriale*

**Mirone Paolo, Roletto Ezio.** Sostanze, miscele, reazioni: un'indagine sulle concezioni delle matricole di chimica. **4**, 116

**Mori Giovanni** - vedi **Ambrogio Paola**

## N

**Niccoli Ermanno.** L'aspirina: una risorsa curricolare. **1**, 26

**Niccoli Ermanno.** La navigazione. **1**, 29

**Niccoli Ermanno.** La routine e il didattichese. **2**, 64

**Niccoli Ermanno.** Formazione bignamica o recupero della memoria? **3**, 100

**Niccoli Ermanno.** Uno sguardo dalla poltrona. **4**, 134

**Niccoli Ermanno.** Un rientro entusiastico nonostante la...programmazione. **5**, 171

## O

**Olmi Fabio.** Chimica e trasversalità. **3**, 65 *Editoriale*

**Olmi Fabio.** La periodicità. **3**, 89

**Olmi Fabio, Fetto Pasquale.** Prima giornata di studio "Quali competenze per i nuovi curricula? Il contributo delle associazioni disciplinari" - *Resoconto*. **3**, 102

## P

**Pera T.**, - vedi **Carpignano R.**

**Precchia Nicola.** Ancora sul concetto di mole. **4**, 137

**Paoloni Leonello.** Meriti e responsabilità della chimica per i cambiamenti intervenuti nella società e nell'ambiente durante il XX secolo. **5**, 141

## R

**Regis Alberto**, - vedi **Roletto Ezio**

**Remondini Mauro, Malpezzi M. Cristina.** Sperimentazione del progetto CEMCOM per l'insegnamento della chimica. **5**, 157

**Riani Pierluigi.** Introduzione di elementi di chimica nella scuola secondaria di primo grado. **3**, 73

**Roletto Ezio**, - vedi **Condolo Gianni**

**Roletto Ezio**, - vedi **Condolo Gianni**

**Roletto Ezio**, - vedi **Mirone Paolo**

**Roletto Ezio, Regis Alberto, Condolo Gianni.** L'energia - Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica, Parte III - Un approccio sistematico e modellistico per introdurre il concetto di energia. **5**, 148

## S

**Saladini Monica,** Recensione. **5**, 170

**Santel Dario, Serafini Andrea.** Ossidazione del cicloesanolo in scala ridotta. **4**, 131

**Serafini Andrea**, - vedi **Santel Dario**

**Serafini Andrea.** Le sintesi organiche giocando a carte. **4**, 136

## T

**Temi Francesco**, - vedi **Marcato Livia**

**Terzagni R.**, - vedi **Carpignano R.**

**Todesco Paolo Edgardo.** Gli Intellettuali italiani e la persecuzione razziale. **4**, 107

**Tollot Maria Grazia**, - vedi **Carasso Mozzi Fausta**

## INDICE

### PER SEZIONI E RUBRICHE

#### EDITORIALI

I Cento anni della mole. **1**, 1, di **Paolo Mirone**

I vent'anni di CnS - La "preistoria" della Chimica nella Scuola. **2**, 33 di **Paolo Mirone**

Nascita e primi passi della Chimica nella Scuola. **2**, 34 di **Luca Benedetti**

I corsi di perfezionamento in didattica della chimica nell'Università di Modena - Rinnovo nella continuità. **2**, 35 di **Giovanna Gavioli**

Chimica e trasversalità. **3**, 65 di **Fabio Olmi**

Le scuole di specializzazione per insegnanti - Una sfida per l'università. **4**, 105 di **Paolo Mirone**

La didattica della chimica: prospettive per il nuovo secolo. **5**, 138 di **Giacomo Costa**

#### DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Attività, coefficiente di attività... malintesi e luoghi comuni. **1**, 3 di **Pietro Lanza**

Il modello VSEPR e la sua evoluzione. **1**, 8 di **M. Chastrette, M.B. Larrouy, K. Bouraoui**

La Calorimetria. **1**, 12 di **Giovanni Conti, Paolo Gianni**  
Per ridefinire il potenziale formativo della disciplina chimica. **2**, 37 di **Fausta Carasso Mozzi, Maria Grazia Tollot**  
Preistoria e storia delle reazioni chimiche oscillanti. **2**, 40 di **Rinaldo Cervellati**

Un percorso didattico di chimica nel nuovo corso di laurea per maestri. **2**, 47 di **R. Carpignano, D. Lanfranco, G. Manassero, T. Pera, L. Maurizi, R. Terzaghi**  
Perché la chimica è difficile. **3**, 67 di **Paolo Mirone**

An exercise on the evaluation of average values of observables. **3**, 71 di **Gianfranco La Manna**

Introduzione di elementi di chimica nella scuola secondaria di primo grado. **3**, 73 di **Pierluigi Riani**

Gli Intellettuali italiani e la persecuzione razziale. **4**, 107 di **Paolo Edgardo Todesco**

L'atomo matematico. **4**, 112 di **Liliana Mammìno**

Meriti e responsabilità della chimica per i cambiamenti intervenuti nella società e nell'ambiente durante il XX secolo. **5**, 140 di **Leonello Paoloni**

## ESPERIENZE E RICERCHE

L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli allievi. **1**, 18 di **Liberato Cardellini, Richard M. Felder**

L'energia-Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica, Parte I - Il campo semantico dell'energia. **2**, 53 di **Gianni Condolo, Ezio Roletto**

L'energia-Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica, Parte II - Gli schemi mentali degli allievi. **3**, 79 di **Gianni Condolo, Ezio Roletto**

Sostanze, miscele, reazioni: un'indagine sulle concezioni delle matricole di chimica. **4**, 116 di **Paolo Mirone, Ezio Roletto**

Additivi alimentari: conoscenze e pregiudizi di studenti delle scuole superiori. **4**, 121 di **Paola Ambrogi, Rosalba Marchelli, Giovanni Mori**

L'energia-Dalla storia del concetto alla trasposizione didattica, Parte III - Un approccio sistematico e modellistico per introdurre il concetto di energia. **5**, 148 di **Ezio Roletto, Alberto Regis, Gianni Condolo**

Sperimentazione del progetto CEMCOM per l'insegnamento della chimica. **5**, 157 di **Mauro Remondini, M. Cristina Malpezzi**

## PAROLE CHIAVE DELLA CHIMICA

La periodicità. **3**, 89 di **Fabio Olmi**

## LABORATORIO E DINTORNI

L'aspirina: una risorsa curricolare. **1**, 26 di **Ermanno Niccoli**  
Chimica spettacolare-Un percorso insolito di didattica della chimica nella scuola. **3**, 95

di **Mauro Berretti, Michele Debegnach**

Ossidazione del cicloesano in scala ridotta. **4**, 131 di **Dario Santel, Andrea Serafini**

Determinazione della costante cinetica della reazione di riduzione dello ione persolfato con ioni ioduro mediante misure potenziometriche con elettrodo ionoselettivo a ioduro. **5**, 167 di **Roberto Andreoli, G. Battistuzzi Gavioli**

## UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

La navigazione. **1**, 29 di **Ermanno Niccoli**

La routine e il didattichese. **2**, 64 di **Ermanno Niccoli**  
Formazione bignamica o recupero della memoria? **3**, 100 di **Ermanno Niccoli**

Uno sguardo dalla poltrona. **4**, 134 di **Ermanno Niccoli**  
Un rientro entusiastico nonostante la...programmazione. **5**, 171 di **Ermanno Niccoli**

## GIOCHI DELLA CHIMICA

Il calendario per il 1999. **1**, 30

La selezione per gli allenamenti pre-olimpiadi. **3**, 94 di **Mario Anastasia**

Selezioni nazionali, XXXI Olimpiade - *I risultati*. **4**, 128 di **Mario Anastasia**

## PROBLEM SOLVING FORUM

Ancora prolemi. **1**, 25 di **Liberato Cardellini**

Equilibri eterogenei. **5**, 162

## DALLA DIVISIONE DI DIDATTICA

Conferenza Nazionale sull'Insegnamento della Chimica: Comunicato finale. **1**, 31 di **Luigi Cerruti**

Commissione curricoli. **4**, 106

Commissione curricoli. **5**, 176

Invito alla sorveglianza... **5**, 183 di **Livia Mascitelli**

## CONVEGNI E CONGRESSI

Prima Conferenza Europea sulla Didattica Chimica. **1**, 32  
Convegno Nazionale "Etica della professione docente" - *Resoconto*. **3**, 101 di **Pasquale Fetto**

Le giornate di studio sulla "Formazione scientifica nelle scuole secondarie"- *Resoconto*. **3**, 101 di **Giacomo Costa**  
VIII Congresso Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica. *Resoconto*. **5**, 166 di **Gianlorenzo Marino**

## FORUM DELLE ASSOCIAZIONI DISCIPLINARI DELLA SCUOLA

Documento sulla trasversalità. **2**, 64

Prima giornata di studio "Quali competenze per i nuovi curricoli? Il contributo delle associazioni disciplinari" - *Resoconto*. **3**, 102 di **Fabio Olmi, Pasquale Fetto**

## LETTERE E ARTICOLI BREVI

Sull'analogia tra agenti nucleofili e basi di Lewis. **4**, 135 di **Livia Marcato, Francesco Temi**

Le sintesi organiche giocando a carte. **4**, 136 di **Andrea Serafini**

Ancora sul concetto di mole. **4**, 137 di **Nicola Precchia**

## RECENSIONI

Profumi di donne. Per una storia della chimica al femminile di AA.VV (ITIS "Molinari"- Milano). **5**, 170, recensito da **Monica Saladini**

## NOTIZIE

La scuola di specializzazione per la formazione degli insegnanti della scuola secondaria superiore in Piemonte. **5**, 173 di **Rosarina Carpignano**





# CASALE SUL TOGO

