

ISSN 0392-5912

Sped. in Abb. Postale/30

Anno XX, n.4, 1998

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

# cns

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

GOLDSCHMIDT  
PIONIERE DELLA GEOCHIMICA

CONFERENZA NAZIONALE  
SULL'INSEGNAMENTO DELLA CHIMICA  
CORSO D'AGGIORNAMENTO

LE MACCHINE  
BIOCHIMICHE

ASSEMBLEA ANNUALE  
DEI SOCI 1998



Anno XX  
Settembre-Ottobre 1998

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

**Redattore**  
Pasquale Fetto  
Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"  
Via Selmi, 2 - 40126 Bologna  
Tel. 051/259521 - Fax 051/259456  
E-Mail: fpens@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 Imerto, 18 - 40126 Bologna  
Tel. 051/245290  
Fax. 051/249749

Periodicità bimestrale (5 fascicoli all'anno)

**Abbonamenti annuali**  
Italia L. 80.000 - Estero L. 100.000  
Fascicoli separati Italia L. 20.000 Estero L. 25.000

Gli importi includono l'IVA e, per l'estero, le spese di spedizione per via aerea.  
Sped. in abbonamento postale 50% - Bologna

Ufficio Abbonamenti  
Manuela Mostacci  
SCI- Viale Liegi, 48/c  
00198 - Roma - Tel. 06/8549691 - Fax. 06/854734  
cc/ postale n. 30355002

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.

Stampa  
MG - Puno di Argelato (BO)

Editore  
SCI- viale Liegi 48/c  
00198 - Roma

## SOMMARIO

### EDITORIALE

La scuola, i saggi e i problemi della didattica della chimica **105**  
di *Pierluigi Riani*

### DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

V. M. Goldschmidt (1888-1947): Modern geochemical pioneer **107**  
di *George B. Kauffman*

Le macchine Biochimiche **111**  
di *Giovanni Cercignani*

### ESPERIENZE E RICERCHE

Apprendimento cooperativo e problem solving sperimentale **118**  
di *Loredana Angeliери Nota, Marco Falasca, Antonella Martini*

### PROBLEM SOLVING

Equilibri chimici **123**

### LABORATORIO E DINTORNI

Esperienze di laboratorio per lo studio delle sostanze gassose nella scuola media inferiore **126**  
di *Pierluigi Riani*

### RUBRICHE

#### GIOCHI DELLA CHIMICA

Olimpiadi della chimica 1998 **130**  
di *Mario Anastasia*

#### UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA

Ma le discipline esistono davvero? **131**  
di *Ermanno Niccoli*

#### DALLA DIVISIONE DI DIDATTICA

Conferenza Nazionale sull'insegnamento della chimica **133**  
**Bologna 16 - 18 Dicembre 1998**

CONVEGNI E CONGRESSI **136**

LETTERE **129**

**SITO INTERNET S.C.I. <http://sci.chim.uniroma3.it>**

# LA SCUOLA, I SAGGI E I PROBLEMI DELLA DIDATTICA DELLA CHIMICA

Da circa due anni il ministro dell'Università e della Pubblica Istruzione, Giovanni Berlinguer, si sta dando da fare per smuovere le acque ampiamente stagnanti del sistema formativo italiano (cioè, in termini più semplici, di tutta la scuola, Università compresa); i risultati di questa attività non sono, a dire il vero, particolarmente esaltanti, e le critiche rivolte al ministro sono frequenti e a volte pesanti. Lungi da noi una qualsiasi volontà di difesa politica; forse però è bene che le associazioni scientifiche (fra cui la Società Chimica Italiana e, per essa, la Divisione Didattica) compiano qualche "esamino di coscienza".

Che cosa ha fatto il ministro? Ha interrogato l'accademia. L'accademia ha dato le risposte che sapeva dare, e sono proprio queste risposte che devono far riflettere tutti. Chi scrive queste note si è studiato bene qualche documento, qualche altro documento lo ha studiato un po' meno bene, ma alcuni punti appaiono costanti in un modo sconsolante.

Prendiamo, per cominciare, la documentazione prodotta dalla commissione cosiddetta dei "saggi". Se esaminiamo la composizione della commissione, due aspetti balzano subito agli occhi.

Il primo è l'età media dei membri, francamente un po' troppo elevata. Nulla in contrario che persone di grande esperienza diano il loro contributo, ma per questioni che riguardano l'identificazione dei saperi dell'inizio del terzo millennio, sarebbe forse auspicabile anche un'accettabile percentuale di persone relativamente giovani.

Il secondo è la scarsità di rappresentanti dell'area scientifica. Nella prima versione della commissione erano diverse le aree scarsamente rappresentate. Fra queste la musica: proteste immediate, si corre almeno parzialmente ai ripari. Fra queste anche la chimica: nessuno ha fiutato. Ed ecco quindi che, su oltre quaranta persone, troviamo un matematico (E. Vesentini), due fisici (L. A. Radicati e C. Bernardini), un rappresentante dell'area biologica (R. Levi

Montalcini). Fra questi, L. A. Radicati assume una posizione di rigida disciplinarietà, e dopo due riunioni "scende dall'autobus". E' possibile affidare l'identificazione dei saperi scientifici del XXI secolo a quattro personaggi, illustri finché si vuole, ma fra i quali il solo Carlo Bernardini si è a volte occupato di questioni didattiche?

I risultati sono evidenti: l'assenza dell'area scientifica è pressoché totale. Se però si va con puntiglio a cercare il ruolo della chimica\*, troviamo due entusiasmanti affermazioni. La prima, sicuramente la più importante, è di Mario Vegetti, docente di Storia della filosofia antica presso l'Università di Pavia: "... ritengo necessario lo sviluppo dell'insegnamento delle matematiche (anche nelle applicazioni informatiche) a scapito della dimensione nozionistica di materie come le scienze naturali e la chimica". Immaginiamo per un momento un chimico che afferma "... diminuirei il peso della storia, che sappiamo essere costituita da un elenco di date": quale sarebbe la reazione degli interessati? La seconda è di Enrica Rosanna, professore ordinario di Sociologia della religione presso la Pontificia Facoltà di Scienze dell'Educazione "Auxilium": "... Fisica, chimica, per quanto attiene ai processi vitali in ambiti diversi (umano, ambientale ... -ecosistema, per es.-)". Come dire: un po' di chimica e di fisica vanno bene solo se fanno da appoggio a discipline considerate evidentemente di maggior interesse.

In compenso impera l'area psicopedagogica, peraltro rappresentata da persone di competenza indiscutibile.

Conclusa l'operazione "saggi", si comincia a parlare di "contenuti minimi", e un ristretto gruppo di saggi affronta il problema. Il risultato? Un documento nel quale per l'area scientifica di tutto si parla, fuorché di contenuti. Si viene quindi a determinare una situazione per certi versi parallela a quella dell'applicazione dei programmi del 1985 per le scuole elemen-

tari: furono pubblicati molti titoli riguardo alla didattica delle scienze (e non solo), una volta letti i quali un insegnante avrebbe saputo perfettamente *come* insegnare, ma non avrebbe saputo assolutamente *che cosa* insegnare.

Un altro aspetto è interessante. Il documento non è relativo a un particolare tipo di scuola, ma dovrebbe servire come base comune a tutti gli indirizzi scolastici. Notiamo bene: a *tutti gli indirizzi*; per la scuola secondaria superiore dovrà quindi andar bene per i licei, gli istituti tecnici, gli istituti professionali. Di conseguenza la base dovrà essere piuttosto limitata; alcune delle proposte contenute nel documento ministeriale appaiono adeguate (l'inglese essenziale), mentre altre appaiono alquanto utopistiche (conoscenza di base della cultura greca e latina, e quanto segue al riguardo). Sorge però immediata la protesta: si abbassa il livello culturale, l'ignoranza è destinata a dilagare, *“ai miei tempi, si studiava seriamente e si sapeva di greco e di latino”*. Forse sarebbe il caso di smetterla di identificare la scuola secondaria superiore con il Liceo Classico, scuola alla quale l'afferenza è percentualmente piuttosto bassa.

Nonostante queste premesse, almeno per quanto è mia opinione le conclusioni non sono necessariamente improntate al pessimismo:

- Si stanno ponendo le basi per una effettiva modifica del sistema scolastico italiano. Questa modifica può andare in porto, ma può anche essere completamente affossata dal conservatorismo imperante: il sistema vigente è talmente datato che le più forti resistenze derivano proprio dall'interno del sistema stesso. Un altro grave pericolo è rappresentato dall'introduzione di modifiche formali, di facciata, che lasciano però immutata la sostanza delle cose.

- Un importante elemento di questa modifica è costituito dall'apertura dei corsi di laurea in Scienze della formazione primaria e delle Scuole di specializzazione per la formazione degli insegnanti di scuola secondaria. Purtroppo, nonostante l'Italia arrivi con forte ri-

tardo a questo traguardo, vi sono forti difficoltà per quanto riguarda le scuole di specializzazione, la cui attivazione è per ora rinviata.

- In questo quadro di tentativo di modifica, si sono mosse in modo molto accorto le aree psicopedagogica e umanistica; l'area scientifica è risultata latitante. E' sicuramente tardi, ma è opportuno che la Società Chimica Italiana, e in particolar modo (ma non solo!) la Divisione Didattica, facciano sentire la loro voce, attraverso un intervento fondato su proposte concrete dalle quali emerga quella parte della chimica che può avere un valore effettivamente formativo. Lo stesso discorso, si badi bene, vale anche per le altre discipline scientifiche a fondamento sperimentale: per tutte è reale il rischio di finire in posizione marginale nei futuri assetti della scuola preuniversitaria italiana (si vocifera di “materie integrative”).

- Infine, è anche necessario che coloro che intendono intervenire in questo campo si rendano conto delle peculiarità della didattica. I problemi didattici non possono essere affrontati da disciplinari “duri e puri”: occorre una preparazione più a vasto raggio, in quanto è necessaria la capacità di interagire in modo corretto con aree disciplinari quali l'area psicopedagogica, i cui rappresentanti usano fra l'altro un linguaggio certamente diverso dal nostro. Ovviamente, quest'ultimo punto non deve essere inteso a senso unico: è infatti il caso che anche gli psicopedagogisti comprendano che il problema della scuola non possono essere di loro esclusiva competenza, ma che è opportuno un forte appoggio alle didattiche disciplinari, gestite da persone che delle discipline abbiano un'effettiva competenza.

\* L'ipertesto contenente tutta la documentazione relativa ai lavori della commissione è consultabile sul sito Internet del Ministero della Pubblica Istruzione; le citazioni si trovano tutte nei documenti redazionali, ai nomi indicati.

**Pierluigi Riani**

## V. M. GOLDSCHMIDT (1888-1947): MODERN GEOCHEMICAL PIONEER (\*)

**Riassunto**

Victor M. Goldschmidt (1888-1947) riuscì a combinare insieme diverse scienze creando così la nuova disciplina della cristallografia strutturale. Nonostante ciò il suo nome, la sua vita e la sua carriera scientifica sono conosciute piuttosto poco dalla maggior parte dei chimici.

Goldschmidt fece i suoi studi nell'Università di Oslo (allora Christiania), dove nel 1911 conseguì il dottorato con una dissertazione in cui veniva sviluppata una teoria del metamorfismo delle rocce basata sulle leggi della chimica fisica. Tre anni dopo egli fu nominato Professore e Direttore dell'Istituto di Mineralogia della stessa Università, nella quale rimase fino al 1929, anno in cui fu chiamato all'Università di Göttingen (Germania).

Goldschmidt fu tra i primi ad applicare la nuova tecnica della diffrazione dei raggi X allo studio delle strutture cristalline. Le sue sistematiche ricerche in questo campo portarono nel 1926 a stabilire la prima tabella dei raggi ionici degli elementi. La conoscenza dei valori dei raggi ionici fu per Goldschmidt il punto di partenza di un progetto ben più ambizioso, cioè la ricerca dei fattori che governano la distribuzione geochimica degli elementi, nella convinzione che tale distribuzione dovesse dipendere dalle proprietà dei loro atomi e ioni e in primo luogo dalle loro dimensioni. Questa ricerca portò Goldschmidt a formulare le leggi fondamentali della geochimica, trasformando così questa disciplina da una raccolta incoerente di dati fattuali in una scienza fondata su principi razionali.

L'ultima parte della vita di Goldschmidt fu segnata dolorosamente dagli eventi che sconvolsero l'Europa negli anni 30 e 40. Essendo ebreo, nel 1935 egli dovette ri-

(\*) Riprodotto per gentile concessione del South African Journal of Science.

(\*\*) Professor of Chemistry, California State University, Fresno, CA 93740-0070  
(E-mail: george\_kauffman@csufresno.edu)

GEORGE B. KAUFFMAN(\*\*)

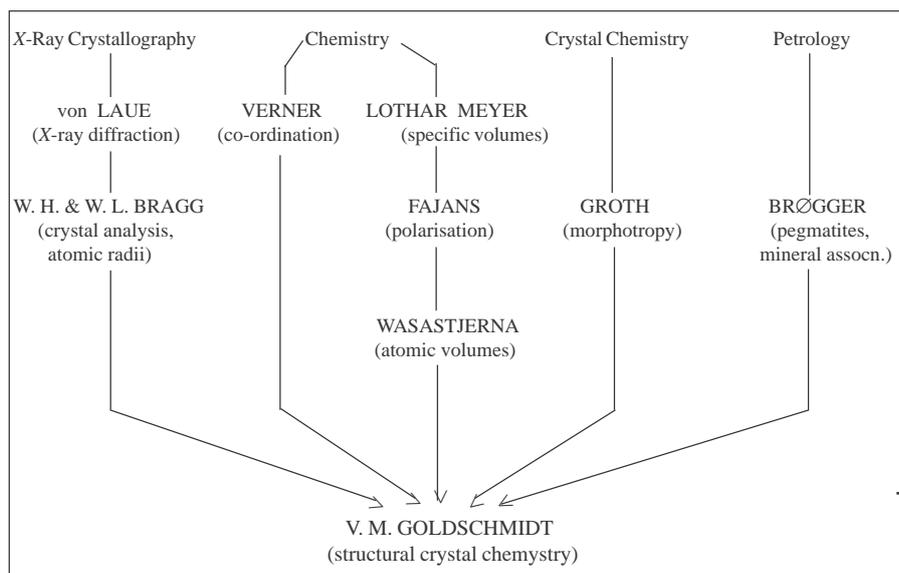


**Fig. 1.** Victor M. Goldschmidt (1888-1947), passport photograph taken in 1944 while he was living in England (ref. 4).

nunciare alla cattedra di Göttingen e ritornare a Oslo. Dopo l'occupazione della Norvegia da parte dell'esercito tedesco, e quando era ormai imminente la deportazione di tutti gli ebrei norvegesi in Polonia, egli riuscì fortunatamente a fuggire nella neutrale Svezia, da dove poté in seguito raggiungere la Gran Bretagna.

In spite of earlier attempts of chemists and petrologists to collect and correlate the chemical and physical data of mineralogical and geological chemistry, modern geochemistry actually originated with Victor Moritz Goldschmidt (Fig. 1), who discovered the laws that determine the distribution of the chemical elements both on earth and in the universe. He explained simply and elegantly the composition of our environment in terms of the basic properties of matter. He used petrology, crystallography, and chemistry and greatly enriched these fields, but to him they were only tools for exploring the earth and its evolution.

Goldschmidt combined several different sciences into a new structural crystal chemistry (Fig. 2).



**Fig. 2.** Relationships between Goldschmidt's structural crystal chemistry and other fields (ref. 4).

His work on relative abundances of the elements, atomic and ionic radii, interionic distances, the effect of radius ratio on coordination number in crystals, replacement of ions in minerals, and the lanthanide contraction is discussed in most textbooks of general and inorganic chemistry.

It forms the basis for modern crystal chemistry and the introduction of size relationships into the interpretation of properties of inorganic substances. Yet Goldschmidt's life and career have been neglected by chemical educators and chemists.

### Youth and university studies

Goldschmidt, known to friends and colleagues as "V. M.," only child of physical chemist Heinrich Jacob Goldschmidt and Amelie Goldschmidt (née Koehne), was born on January 27, 1888 in Zürich, Switzerland. His father was Privat-Dozent (1881-85) and Professor (1885-93) at the Eidgenössisches Polytechnikum (now the Eidgenössische Technische Hochschule, ETH) [1-9]. His paternal forebears were almost all highly educated, being rabbis, professors, physicians, judges, lawyers, and military officers. In 1893 the family moved to Amsterdam, where Goldschmidt's father worked with Jacobus Henricus van't Hoff, then in 1896 to Heidelberg where he was Extraordinarius Professor at the university, and then in 1901 to Christiania (since 1925, Oslo), where he was Professor of Physical Chemistry at the university.

In 1905 Goldschmidt entered the University of Christiania, where he studied inorganic and physical chemistry, geology, mineralogy, physics, mathematics, zoology, and botany (Fig.3).



**Fig. 3.** Victor Moritz Goldschmidt at the age of 15, pencil and chalk drawing made in 1903 by Asta Elisa Jakobine Nórregaard (1853-1933), a Norwegian historical painter who lived in Oslo (ref. 9).

His studies were influenced and inspired by the Norwegian petrologist and mineralogist Waldemar Christopher Brøgger, whom he soon equaled in the importance of his petrological and geological work and with whom he maintained a close lifelong friendship. In 1906, when Goldschmidt was 18, his first paper, on the pyroluminescence of quartz, appeared [10].

In 1907 Goldschmidt began his first major research work, on contact metamorphism in the Christiania region, resulting in his dissertation [11], in which he applied physical chemistry to geological problems and presented a theoretical basis for rock metamorphism. In 1909 he was awarded a university fellowship in mineralogy and petrology, which involved lecturing and leading field trips.

Following his receipt of his doctorate in 1911, he spent winter, 1911-1912 in Munich with Paul von Groth, the world's leading crystallographer, and two years (1912-1914) as docent in mineralogy and petrology at the University of Christiania. In 1914, at age 26, he was appointed Professor and Director of the university's Mineralogical Institute.

Regarding the entire earth as a single physicochemical system, Goldschmidt applied his own mineralogical phase rule [11], Nernst's heat theorem and Guldberg and Waage's law of mass action to complex rock systems. With the advent of World War I he began to use the relatively new X-ray crystallography, enabling him to discover more general laws.

### Mineral resources

During the war Norway was cut off from imported essential supplies by German submarines. In 1917 the government commissioned detailed research on the country's mineral resources, established a Governmental Commission for Raw Materials, and appointed Goldschmidt as its Chairman and as Director of the State Raw Materials Laboratory. Goldschmidt switched his emphasis from field research to laboratory research because of his new positions and the deterioration of his fragile health.

This application of science for the benefit of society located local sources for previously imported chemicals and minerals. The extraction of potassium from mica led him to clay mineral studies, which in turn led him to investigate the chemical nature of materials of economic importance and to the second phase of his career - crystal chemistry and a search for the factors governing the distribution of the chemical elements.

### The discovery of hafnium

In 1921 Goldschmidt and Lars Thomassen used an X-ray spectrograph to search for the missing element 72 using Moseley's X-ray diffraction method to determine atomic numbers. They reported the presence of this element in the minerals malacon and alvite (varieties of zircon,  $ZrSiO_4$  or  $ZrO_2 \cdot SiO_2$ ). However, in a letter dated January 2, 1923, György Hevesy and Dirk Coster reported their discovery of element 72 in zircon and named it hafnium [12].

Goldschmidt and Thomassen's article [13], was dated January 31, 1923. Being beaten to credit for this discovery by 29 days was a great disappointment to Goldschmidt, and for years he devoted himself to a search for the then still unknown element 61 (now called promethium) until the 1930s, when he correctly decided that it did not occur naturally.

### Crystal chemistry

The basis for Goldschmidt's classical geochemical work evolved from his extensive crystallographic studies. Within two years Goldschmidt and his co-workers used X-ray diffraction to determine the crystal structures of 200 compounds of 75 elements, which served as the basis for his laws of the geochemical distribution of the elements [14,15].

Goldschmidt and Thomassen used the X-ray spectrograph to estimate the relative abundance and distribution of the rare earth elements, for which Goldschmidt introduced the term "lanthanides" [14c]. They refined the Odde-Harkins rule [16] that odd-numbered elements are less abundant to read: "Elements of odd atomic number are less abundant than their immediate neighbors of even atomic number" [14c]. Goldschmidt's work on the chemical and geochemical behavior of elements of the same valence and almost the same ionic radius is of great importance especially in connection with the rare earth elements (the celebrated "lanthanide contraction," which he was the first to recognize and name) [14e]. With Frantisek Ullrich and Thomas Barth, Goldschmidt determined the unit cell dimensions of the cubic lanthanide oxides by X-ray diffraction [14d], but because the size of a specific ion was still unknown, they could not determine ionic sizes from such measurements. However, Wasastjerna's determination of the radii of the fluoride (1.33 Å) and oxide (1.32 Å) ions from molecular refraction data [17] provided Goldschmidt with the key to a complete revolution of the science of crystal chemistry. By 1926 Goldschmidt published the first table of ionic radii [14g], whose close agreement with Linus Pauling's values,

based on a completely different approach, (quantum mechanics) and published the following year [18], proved a brilliant confirmation of the theoretical background. Although differing significantly in some cases from presently accepted values, Goldschmidt's values of ionic radii in crystals [14h] provided the basis for modern crystal chemistry and the use of size relationships in the interpretation of properties in inorganic chemistry.

In the same article Goldschmidt stated the rules relating ionic size to atomic structure that now appear in almost all general and inorganic chemistry texts [14g]:

1. For elements in the same group (vertical column) of the Periodic Table, the ionic radii increase as the atomic numbers of the elements increase.
2. For positive ions of the same electronic structure the radii decrease with increasing charge.
3. For an element that can exist in several valence states, i.e., form ions of different charge, the higher the positive charge on the ion, the smaller the radius.

Goldschmidt applied Werner's coordination theory to the structure of crystals. In addition to compiling the first tables of atomic and ionic radii for many of the ele-

able to predict the sequence of crystallization for elements of the same size and almost the same ionic radius but of different charge and thus could predict in which minerals a given element might be found. He solved the problem of the substitution of one element for another in minerals, which had bedeviled mineralogists for years [19].

Goldschmidt attacked the problem of discovering the general laws and principles of geochemistry "from the viewpoint of atomic physics and atomic chemistry and to find out the relationships between the geochemical distribution of the various elements and the measurable properties of their atoms and ions" [20]. He found that the principal factor determining the entrance of atoms or ions and the distribution of the rarer elements in the crystalline phases of igneous and metamorphic rocks is the size rather than the weight of the atoms or ions. During gradual crystallization of liquid solutions, those atoms or ions which are either too small or too large to be trapped in the crystal lattice are concentrated in the liquid phase. Thus Goldschmidt discovered the fundamental relationship between crystal structure and chemical constitution, in what is often known as Goldschmidt's

common metals, and he stated that the lithosphere might more properly be called the "oxysphere."

Among other problems that Goldschmidt attacked were the partition of the elements during the geological evolution between gas and coexisting liquid phases; the subsequent crystallization of these phases - of molten iron, iron sulfides, and fused silicates; and the distribution of the chemical constituents in these phases.

He considered the earth to have resulted from the condensation of gaseous material into an iron core, an intermediate sulfide-oxide zone, a siliceous envelope, and an atmosphere. Depending on the particular zone in which the elements concentrated during condensation, they were classified by Goldschmidt into four groups, which are related to their locations in the periodic table: (1) siderophile (those with an affinity to Ni-Fe) - a metal core consisting of Periodic Groups VIB (except Cr and U), VIIB (except Mn), and VIII, Au, Ge, and Sn; (2) chalcophile (those that combine with S) - Groups IB (except Au), IIB, IIIA (except B and Al), Pb, VA (except N and P), and VIA (except O); (3) lithophile (those with an affinity for silicates) - a crust or envelope consisting of Groups IA, IIA, IIIB, IVB, VB, and Cr; and (4) atmophile (those normally present as gases, differentiated into the primordial atmosphere during pregeological times) - the noble gases, N, O, and H [14a,23] (Table 2). Goldschmidt's fundamental laws of geochemistry and crystal chemistry appeared in the nine parts of his 600-page monumental series of monographs titled "Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente" (Geochemical Laws of Distribution of the Elements) in the Kongelike Norske Videnskabers Selskabs Skrifter from 1923 to 1937 [14]. The final part [14i], contains Goldschmidt's work on the cosmic and terrestrial distribution of the elements and on the isotopic compositions of elements in minerals. Its table of cosmic abundances provided the basis for later theories of atomic structure and the origin of the elements as well as two Nobel prizes in

**Table 1.** Goldschmidt's geochemical classification of the elements in relation to the periodic system (ref. 9; ref. 14a, p. 5).

Radius ratio $R_{\text{cation}}/R_{\text{anion}}$	Arrangement of anions around cation	Coordination number of cation
0.15 - 0.22	Corners of an equilateral triangle	3
0.22 - 0.41	Corners of a tetrahedron	4
0.41 - 0.73	Corners of an octahedron	6
0.73 - 1	Corners of a cube	8
> 1	Closest packing	12

ments, Goldschmidt recognized the effect of radius ratio ( $r_{\text{cation}}/r_{\text{anion}}$ ), a particularly fruitful concept in crystal chemistry, on crystallographic coordination number and therefore on structure. By assuming that ions act as rigid spheres of definite radii, he calculated from geometry the stable arrangements of cations and anions for particular radius ratios [14h] (Table 1).

He was the first to distinguish between the relative importance of the polarizability of anions already established by Kasimir Fajans for their optical properties and the polarizing power of the cation, which is directly proportional to its charge and inversely to its radius.

Goldschmidt's work on metals and alloys led J. D. Bernal to consider him one of the founders of modern alloy chemistry [4]. He also explained many puzzling aspects of isomorphism and polymorphism. He was

able to predict the sequence of crystallization for elements of the same size and almost the same ionic radius but of different charge and thus could predict in which minerals a given element might be found. He solved the problem of the substitution of one element for another in minerals, which had bedeviled mineralogists for years [19].

### Geochemical distribution of the elements

Goldschmidt used his ionic radii data to explain the composition of the earth's crust (lithosphere) [21,22]. He considered it to be essentially a packing of oxygen anions, bonded by silicon and the ions of the

**Table 2.** Goldschmidt's relationship between radius ratio and coordination number for ions as rigid spheres (ref. 9; ref. 14h, p. 15).

Atmophile: N		He		
Lithophile: Na				
Chalcophile: Zn		B	C N O F Ne	
Siderophile: Fe				
Na Mg	Al Si P S Cl Ar			
K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr				
Rb Sr Y Zr Nb Mo Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe				
Cs Ba La-Lu Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi				
Th U				

physics. In this volume Goldschmidt also speculated on the possible existence of transuranium elements. He predicted that they would belong to a series analogous to the lanthanides, which he called “thorides” and which Glenn T. Seaborg later called actinides. He argued that their ionic radii would exhibit a contraction with increasing atomic number similar to the lanthanide contraction, and he even estimated the radii of the tetrapositive ions.

### The Göttingen years

After receiving several offers of professorships from leading European universities, in 1929 Goldschmidt became Professor in the Faculty of Natural Sciences at the University of Göttingen and Head of its new Mineralogical Institute built to his own specifications. Here he continued his work on crystal chemistry and geochemistry, and he developed new analytical methods. He considered the wider implications of the abundance and distribution of the elements in terms of the geochemical cycle at the earth’s surface, which he regarded as similar to the separation of the elements in a classical chemical analysis [23,24]. He attempted to quantify this cycle and to follow the course of specific elements proceeding through its stages. He also began geochemical studies of the rarer elements.

Goldschmidt’s years at Göttingen were probably his happiest. However, with the ascent of the Nazis to power in 1933, this situation changed abruptly. Although they had not previously identified with any religion, Goldschmidt and his father ostentatiously joined the Göttingen Jewish community. Although Goldschmidt considered it his duty to continue his work at the institute as long as possible, after a sign reading “Jews not desired” was erected near his institute, he resigned on August 11, 1935 (Fig. 4).

### Return to Oslo and flight to Britain

On September 6, 1935 Goldschmidt, his father, and their housekeeper left Göttingen and fled, almost penniless, to Oslo. He returned to the Norwegian Raw Materials Laboratory and resumed the industrial work that he had done during and after World War I, developing techniques for using Norwegian olivine in refractories, the patents for which afforded him large royalties. He accelerated the laboratory’s work on the use of low-grade phosphate deposits containing apatite as a source of agricultural fertilizer - research which was to save him temporarily from deportation in 1942 to a concentration camp in Poland.

After the Germans occupied Norway in

1940, Goldschmidt carried a cyanide capsule to commit suicide if necessary. When the Nazi-controlled Ministry of Education demanded information on each governmental employee’s ethnic background, Goldschmidt, knowing that if one or more of a person’s grandparents were Jewish, he or she would be considered Jewish and subject to deportation, proudly announced that all four of his grandparents were pure Jewish. In October, 1942 Goldschmidt, like most of Norway’s 2000 Jews, was arrested by

applied geochemistry to the problem of preventing silicosis and skin cancer in foundry workers. After a severe heart attack he spent his remaining year and a half in England in a nursing home.

### Last years

In 1946, after Norway had been liberated, Goldschmidt returned to Oslo to reoccupy his former positions at the university. He tried to complete his magnum opus summarizing his life’s work but died suddenly of a

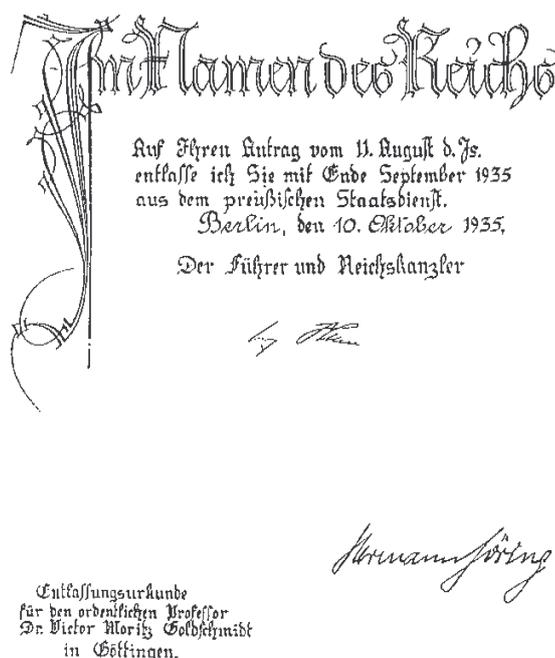


Fig. 4. Goldschmidt’s dismissal letter of October 10, 1935, signed by Adolf Hitler and Hermann Gödring: “In the name of the Reich at your request of August 11 of this year I release you at the end of September 1935 from the Prussian state service” (ref. 9).

the German Schutzstaffel (SS), his property was confiscated, and he was imprisoned in a concentration camp. In November he was listed for deportation to Poland, but because of poor health and the intervention of the Norwegian police, he was released temporarily. With the help of the Norwegian resistance, on December 18, 1942 he was smuggled into neutral Sweden in a load of hay, which German soldiers prodded with a pitchfork.

Although Goldschmidt could have remained in Sweden, he thought that his knowledge of Norwegian technical developments would be of great value to the Allies so on March 3, 1943 he made his way to Great Britain. He applied his geochemical concepts to soil science at the Macaulay Institute for Soil Research at Craigiebuckler, near Aberdeen, Scotland. In 1944 he moved to the Rothamsted Experimental Station, where he worked on distribution of trace elements in soil and

cerebral hemorrhage on March 20, 1947. The 730-page volume, *Geochemistry* [25], was completed by Alex Muir of the Rothamsted Experimental Station. In 1974 Norway issued a postage stamp with Goldschmidt’s portrait (Fig. 5).

Although Goldschmidt inspired lifelong devotion in most of his research associates



Fig. 5. Norwegian postage stamp issued in 1974 with Goldschmidt’s portrait, engraved from a photograph taken in 1923 (ref. 9).

and students, he was an undiplomatic, unduly suspicious person overly sensitive to questions of scientific credit and priority. His experiences with anti-Semitism gave him a feeling of persecution, led him to distrust strangers, and made him quick to take offense where none was intended.

### Summary

The author of more than 200 articles, an honorary member of various academies of sciences and scientific societies, the recipient of numerous awards, and three honorary doctorates, Goldschmidt was nominated unsuccessfully for the Nobel Prize for Chemistry ten times. In 1972 the Geochemical Society established the Goldschmidt Medal as its highest award. He is universally recognized as the founder of modern geochemistry [26]. Only the Ukrainian polymath Vladimir Ivanovich Vernadsky [27], the founder of biogeochemistry, made anywhere near the number of contributions that Goldschmidt made. Before Goldschmidt's pioneering work, geochemistry was an incoherent collection of factual data; after it, geochemistry became a true science based on his geochemical cycle in which the individual elements play their respective roles according to well established principles. We owe to him the view of atoms and ions as particles of definite measurable sizes and of their combination as a function of size.

### References

- [1] Correns, C.W. *Naturwiss.* 1947, **34**, 129-131  
 [2] Oftedal, I. *Proc. Geolog. Soc. Amer.* 1948, 149-154  
 [3] Tilley, C. E. *Obit. Notices, Fellows Roy. Soc.* 1948-1949, **6**, 51-66  
 [4] Bernal, J. D. *J. Chem. Soc.* 1949, 2108-2114  
 [5] Rosbaud, P. In *Great Chemists*; Farber, E., Ed.; Wiley-Interscience: New York, 1961; pp 1564-1586  
 [6] Goldberg, E. D. In *Dictionary of Scientific Biography*; Gillispie, C.C., Ed.; Scribner's: New York, 1972; Vol. 5, pp 456-458  
 [7] Kauffman, G. B. *Indust. Chemist* Jan. 1988, 9(1), 46-47; *The Chemical Educator* 1997, 2(8), SI430-4171 (97)05143-3  
 [8] Kullerud, G. *The World & I* April 1990, 4(4), 320-325  
 [9] Mason, B. *Victor Moritz Goldschmidt: Father of Modern Geochemistry*; Special Publication No.4; The Geological Society: San Antonio, TX, 1992  
 [10] Goldschmidt, V. M. *Forh. Vidensk. Selsk. Kristiania* 1906, No.5  
 [11] Goldschmidt, V. M. *Vidensk. skrifter I. Mat.-naturv. klasse* 1911, No. 1  
 [12] Coster, D.; Hevesy, G. *Nature* 1923, **III**, 79  
 [13] Goldschmidt, V. M.; Thomassen, L. *Norsk geol. Tidsskr.* 1923, **7**, 61.  
 [14] Goldschmidt, V. M.;  
 (a) *Vidensk. skrifter. I. Mat.-naturv. klasse* 1923, No.3;  
 (b) 1924, No. 4;  
 (c) Goldschmidt, V. M.; Thomassen, L. 1924, No. 5;  
 (d) Goldschmidt, V. M.; Ulrich, F.; Barth, T. *Skrifter utg. av det Norske Videnskaps akademii i Oslo. I. Mat.-naturv. klasse* 1925, No. 5;

- (e) Goldschmidt, V. M.; Barth, T.; Lunde, G. 1925, No. 7;  
 (f) Goldschmidt, V. M.; Barth, T.; Holmsen, P.; Lunde, G.; Zachariassen, W. 1926, No.1;  
 (g) Goldschmidt, V. M.; Barth, T.; Lunde, G.; Zachariassen, W. 1926, No. 2;  
 (h) Goldschmidt, V. M. 1926, No. 8;  
 (i) 1937, No. 4  
 [15] Goldschmidt, V. M. *Physik. Z.* 1929, **30**, 519  
 [16] Harkins, W. D. *Chem. Revs.* 1928, **5**, 371  
 [17] Wasastjerna, J. A. *Z. physik. Chem.* 1922, 101, 193; *Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math.* 1923, 1 (38)  
 [18] Pauling, L. *J. Am. Chem. Soc.* 1927, **49**, 763  
 [19] Goldschmidt, V. M. *Ber.* 1927, **60**, 1263.  
 [20] Goldschmidt, V. M. *Chemical Products* March April, 1944, 1.  
 [21] Goldschmidt, V. M. *Neues Jahrb. Mineral. Beilage, Abt. A* 1928, **57**, 1119.  
 [22] Goldschmidt, V. M. *J. Chem. Soc.* 1937, 655  
 [23] Reardon, E. *Chem 13 News* Jan., 1998, **263**, 13-15  
 [24] Goldschmidt, V. M. *Geol. För. Stockh. Förh.* 1934, **56**, 385.  
 [25] Goldschmidt, V. M. *Geochemistry*; Muir, A., Ed.; Clarendon: Oxford, England, 1954  
 [26] K. H. Wedepohl has recently prepared a World Wide Web site describing Goldschmidt's life and contributions, which can be accessed on the Internet at:  
<http://www.uni-geochem.gwdg.de/docs/easci/vmgolds.htm>  
 [27] Kauffman, G. B. *The World & I* Oct. 1991, **6**(19), 316-323; *South African J. Sci.* 1996, **92**, 519-523; *La Chimica nella Scuola* 1997, **19**(3), 66-71

## LE MACCHINE BIOCHIMICHE

### Abstract

*The synthesis of adenosine triphosphate (ATP), the basic molecule for energy conversion in any living system, from adenosine diphosphate (ADP) and inorganic orthophosphate (P<sub>i</sub>) occurs chiefly through the finely designed catalytic mechanism of a specific enzyme and is driven by the electrochemical gradient of the hydrogen ion across a phospholipid membrane. The electrochemical potential of a cation thus yields a chemical species of general use in various physico-chemical processes of the living cell. For their contributions to the elucidation of this mechanism, P. D. Boyer*

### GIOVANNI CERCIGNANI<sup>(\*)</sup>

*and J. E. Walker were awarded half of the 1997 Nobel Prize in Chemistry. Conversely, inorganic cation pumping across a cell membrane can be coupled by specific proteins to the energy-releasing ATP hydrolysis to ADP and P<sub>i</sub>, thus generating a difference in cation activity and an electric charge separation between intracellular and extracellular aqueous compartments. For his pioneering investigations on the ATP-dependent Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> pump, J. C. Skou received the second half of the 1997 Nobel Prize in Chemistry.*

\*\*\*

A partire dal 1929, anno della sua scoperta,

l'ATP (adenosina 5'-trifosfato, Scheda 1A) mostrò presto di avere un ruolo centrale nel metabolismo di tutti gli organismi viventi. La sua struttura, che è fondamentale quella di un polifosfato legato con funzione fosfoesterea a un residuo 5'-adenosile, consente il trasferimento di energia chimica nei sistemi biologici tramite svariate interazioni e reazioni con specifiche proteine. La reazione principale con la quale si può liberare energia dall'ATP è la sua idrolisi in ADP (adenosina 5'-difosfato) e ortofosfato inorganico (P<sub>i</sub>) (idrolisi del legame pirofosforico β-γ, Scheda 1B), anche se in molte reazioni biosintetiche il legame scisso è quello pirofosforico α-β. Molti composti che intervengono nel metabolismo cellulare vengono attivati tramite reazioni di trasferimento di gruppo che utilizzano ATP. Altri nucleotidi, di struttura analoga a quella dell'ATP, intervengono con

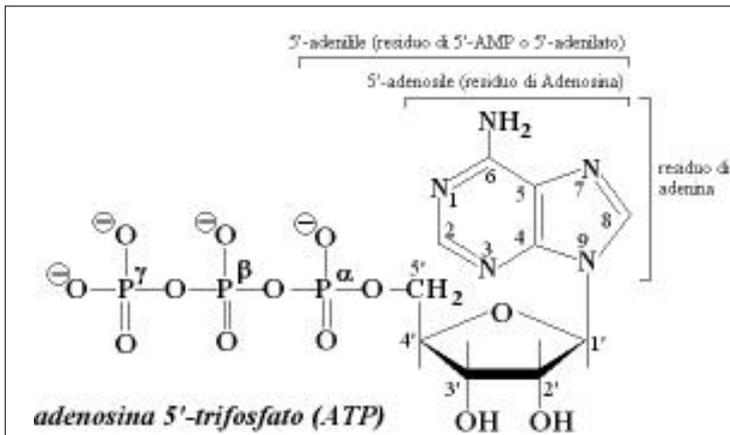
(\*) Laboratori di Biochimica.

Dipartimento di Fisiologia e Biochimica, Via Santa Maria 55, Università di Pisa 56127 Pisa.

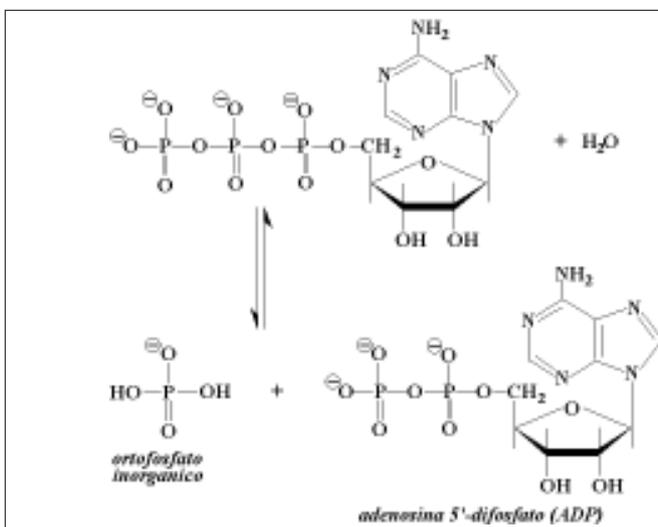
le stesse modalità in diverse reazioni biochimiche, ma all'ATP è stato riservato il ruolo primario di "moneta di scambio" nella bioenergetica cellulare. Questa metafora è molto utile per quantificare i bilanci bioenergetici e per sottolineare il fatto che

l'energia chimica estratta da un processo viene suddivisa in unità "di piccolo taglio", ma una similitudine altrettanto efficace è quella che paragona la coppia ATP/ADP a una batteria continuamente ricaricabile. Infatti, non bisogna pensare all'ATP come a

qualcosa che si consuma, ma come al "polo sotto tensione" di un dispositivo che ha nell'ADP il suo "polo a terra". Di rilievo centrale per gli studi biochimici è quindi la comprensione dei meccanismi con i quali la molecola di ATP viene sintetizzata e di



**Scheda 1A** Le forme ioniche indicate nelle formule (Scheda 1A e 1B) sono quelle prevalenti a pH 7; infatti, il  $pK_{a4}$  per l'ATP e il  $pK_{a3}$  per l'ADP sono di poco inferiori a 7 mentre il  $pK_{a2}$  dell'acido fosforico è di poco superiore a tale valore. L'ATP e l'ADP, come altri polifosfati, sono composti abbastanza poco reattivi in  $H_2O$  a temperatura ambiente. Ciò è dovuto al fatto che il gruppo fosforile nel pirofosfato è un buon gruppo uscente per la natura dell'atomo di fosforo e non perché abbia una distribuzione elettronica "tensionata" (come nei cloruri o nelle anidridi degli acidi carbossilici, che sono assai reattivi).



**Scheda 1B** La reazione di idrolisi del gruppo fosforico terminale dell'ATP in  $H_2O$  a pH = 7 e  $25^\circ C$  ha una  $K'_{eq}$  pari a  $2,3 \cdot 10^5$  ( $\Delta G^{\circ} = -7,3 \text{ Kcal mol}^{-1} = -30,6 \text{ KJ mol}^{-1}$ ). Questo valore fortemente esoergonico è in gran parte dovuto alla differenza nell'energia libera di idratazione tra reagenti e prodotti [in miscele  $H_2O$ :diossano 20:80 la  $K'_{eq}$  è circa uguale a 1]. Nell'ambiente acquoso della cellula vivente, in cui i processi metabolici mantengono lontana dall'equilibrio questa reazione chimica, la variazione di potenziale chimico nella reazione di idrolisi dell'ATP è stimata da -11 a -13 Kcal  $mol^{-1}$  ossia da -46 a -54 KJ  $mol^{-1}$ . Quando la reazione avviene nella cavità proteica di un sito attivo enzimatico, le condizioni di polarità e di accessibilità al solvente acquoso possono alterare notevolmente il profilo energetico globale (in maniera simile alla reazione nella miscela  $H_2O$ :diossano). I valori sopra indicati sono validi sostanzialmente per tutti i nucleosidi 5'-trifosfati. Valori simili di  $K'_{eq}$  si hanno per la reazione di idrolisi dell'ADP in AMP e ortofosfato inorganico.

**Paradigmi delle reazioni con ATP catalizzate da enzimi (nelle quali i nucleotidi reagiscono come complessi con  $Mg^{2+}$ ).** Indichiamo con AMP l'adenosina 5'-monofosfato o il suo residuo 5'adenilile, con  $P_i$  le varie forme ioniche dell'ortofosfato inorganico e con  $PP_i$  le varie forme ioniche del pirofosfato inorganico.

(1) Trasferimento del fosforile  $\gamma$  a un accettore R·X-H, con X = O, N:  
 $ATP + R \cdot X-H \leftrightarrow ADP + R \cdot X-PO_3^{2-}$

Se  $R \cdot X-H = H_2O$ , si ha la reazione di idrolisi.

(2) Trasferimento dell'adenilile a un accettore R·X-H e liberazione dei fosfati  $\beta$  e  $\gamma$  come  $PP_i$ :  
 $ATP + R \cdot X-H \leftrightarrow AMP-X \cdot R + PP_i$

(3) Trasferimento di pirofosforile a un accettore R·X-H:  
 $ATP + D\text{-ribosio-5-fosfato} \leftrightarrow 5\text{-fosfo-D-ribosil-1-}\alpha\text{-pirofosfato} + AMP$

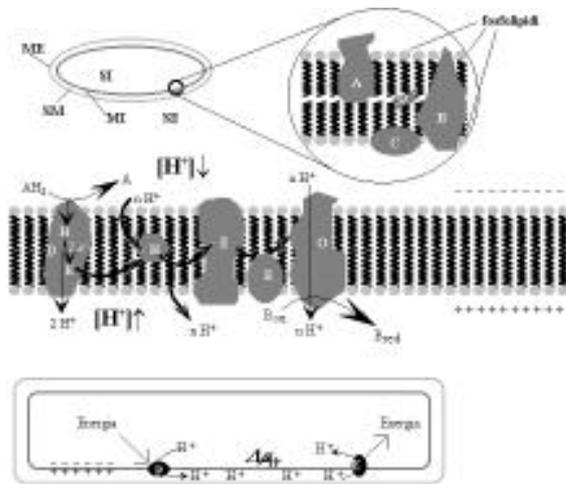
(4) Trasferimento del 5'-adenosile al tioetere della L-metionina, con idrolisi di un legame pirofosforico:  
 $L\text{-metionina} + ATP + H_2O \leftrightarrow S\text{-adenosil-L-metionina} + P_i + PP_i$

Nei sistemi biologici, l'ADP funge da donatore di fosforile *solo* nella reazione reversibile catalizzata dall'enzima *adenilato cinasi*:



che, letta da destra a sinistra, è un caso particolare della (1) con  $R = 5'$ adenilile e  $X = O$ .

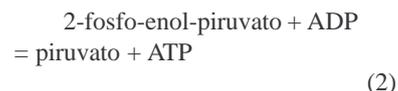
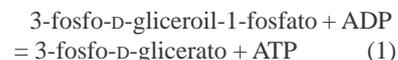
N.B.: In un ristretto numero di specie batteriche e vegetali, alcune reazioni enzimatiche del tipo (1) usano come donatore di fosforile il pirofosfato inorganico.



**Scheda 2** Il meccanismo primario col quale le cellule sintetizzano l'ATP è basato su sistemi enzimatici di membrana che agiscono tramite traslocazione di protoni attraverso di essa (**meccanismo chemiosmotico di Mitchell**). In alto a sinistra è schematizzata la struttura cellulare nella quale si effettua il processo (una cellula batterica o un mitocondrio o un cloroplasto): **ME** e **MI** indicano rispettivamente la membrana esterna e quella interna, che sono separate da uno spazio o compartimento acquoso tra le membrane (**SM**); il compartimento acquoso interno (**SI**) è delimitato dalla membrana interna e contiene diversi sistemi enzimatici e metabolici, diversi da quelli presenti nel compartimento esterno. La membrana interna (come mostrato nell'ingrandimento a destra) contiene nel suo doppio strato fosfolipidico diversi tipi di proteine di membrana (**A**, **B**, **C**) e altri componenti liposolubili (**Q**). Tra questi vi sono sistemi che partecipano a reazioni Redox (schema al centro). La reazione complessiva trasferisce due equivalenti riducenti da un donatore  $AH_2$  (buon riducente) a un accettore **B** (buon ossidante), ma è scomposta in più tappe in cui gli elettroni sono trasferiti a composti con potenziale Redox intermedio tra quelli delle due coppie estreme. Il composto  $AH_2$  nel compartimento interno subisce una deidrogenazione ad opera di un enzima della membrana interna, il quale trasferisce gli elettroni a un accettore (**H**) di atomi di idrogeno, poi a un accettore (**E**) di soli elettroni, per cui in questa seconda tappa i protoni vengono rilasciati sul lato esterno della membrana. Gli elettroni sono poi ceduti a un altro accettore del primo tipo (**H**) che si riduce accettando anche i protoni, prelevati dal compartimento interno. Il successivo elemento della catena Redox è un accettore di soli elettroni (**E**), cosicché i protoni vengono ancora ceduti sul lato dello spazio tra le membrane. Si passa poi a coppie Redox più ossidanti, finché l'ultimo sistema enzimatico (**O**) cede gli elettroni a un accettore esterno che si riduce ( $B_{ox} \rightarrow B_{red}$ ), ma nel far questo trasloca protoni dal compartimento interno a quello esterno. Il risultato globale è che la variazione di energia potenziale associata alla reazione Redox viene in parte utilizzata per trasferire i protoni attraverso la membrana (che è impermeabile agli ioni). I protoni si trovano quindi ad avere una concentrazione inferiore nel compartimento interno ( $[H^+] \downarrow$ ) e superiore nel compartimento esterno ( $[H^+] \uparrow$ ). Poiché la diversa composizione dei due compartimenti determina una diversa distribuzione ionica ai due lati della membrana interna, questa è sede di una d.d.p. (dell'ordine del decimo di volt), col polo negativo all'interno. I protoni sono quindi spinti a rientrare nel compartimento interno dalla propria concentrazione (potenziale chimico) e dalla propria carica (potenziale elettrico). Si ha quindi un potenziale elettrochimico del protone ( $\Delta\mu_{H^+}$ ) composto da un termine di voltaggio ( $\Delta\psi$ ) e da un termine di pH ( $\Delta pH$ ), cui è associata la forza protonmotrice (in analogia con la forza elettromotrice, ossia la d.d.p. che si misura a circuito chiuso negli apparati elettrici. Valori tipici di  $\Delta\mu_{H^+}$  sono intorno a 0,22 V. Infatti l'estrusione di protoni attraverso la membrana è ovviamente connessa con il loro rientro tramite sistemi che usano questo potenziale energetico per muovere altri processi (primo fra tutti la sintesi di ATP), per cui si instaura uno stato stazionario che mantiene il  $\Delta\mu_{H^+}$  intorno a un valore tipico; si forma così un circuito di protoni che circolano tra **SI** e **SM** (vedi schema in basso).

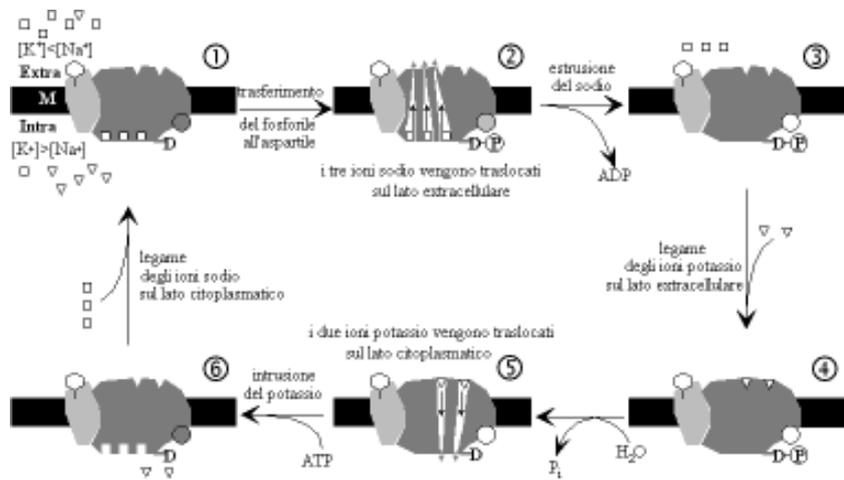
Nei mitocondri e nei batteri aerobi,  $AH_2$  è principalmente il coenzima ridotto **NADH**, mentre  $B_{ox}$  è l'ossigeno molecolare che si riduce ad acqua (il sistema enzimatico terminale **O** è in questo caso la **citocromo c ossidasi**, che trasloca protoni mentre trasferisce elettroni dal **citocromo c** all'ossigeno); nei batteri anaerobi, l'ossidante è costituito da nitrati o altri accettori presenti nell'ambiente di coltura. Nei cloroplasti,  $AH_2$  è uno dei componenti del fotosistema che si riduce accettando gli elettroni strappati alla clorofilla dall'evento fotochimico primario e  $B_{ox}$  è il coenzima ossidato **NADP<sup>+</sup>** che si riduce a **NADPH**. La forza protonmotrice può essere ottenuta anche da un'utilizzazione diretta dell'energia fotonica in un sistema che trasloca protoni tramite un fotociclo, come quello della batteriorodopsina degli alobatteri, che è basato su quest'unico tipo di proteina di membrana attiva soprattutto nella banda visibile da 500 a 700 nm. L'evento fotochimico primario è una isomerizzazione *13-cis*/*tutto-trans* nel residuo di retinale che si trova nella batteriorodopsina, cui seguono variazioni conformazionali e cambiamenti nello stato di protonazione della proteina, finché il cromoforo non torna allo stato fondamentale (*13-cis*), avendo traslocato un protone dal mezzo intracellulare del batterio al mezzo esterno. Il turnover di protoni in questo meccanismo è di 200 al secondo, e vi sono  $2 \times 10^5$  molecole di batteriorodopsina per cellula, per cui l'illuminazione con quantità saturanti di luce arancione provoca una traslocazione di  $4 \times 10^7$  protoni al secondo per cellula batterica.

quelli che ne utilizzano il potenziale energetico per trasformarlo in altre forme di energia (meccanica, elettrica, ecc.). Esistono importanti processi biochimici (come la *glicolisi anaerobia* che trasforma il glucosio in acido lattico) per la fosforilazione dell'ADP in ATP basati su semplici meccanismi di trasferimento di gruppo (ad esempio, tramite la formazione intermedia di anidridi carbossi-fosforiche (1) o di enol-fosfati (2)):



Tuttavia, il meccanismo che massicciamente e universalmente consente di mantenere il sistema in uno stato stazionario "carico" è quello basato sulla **forza protonmotrice**, ossia sul gradiente elettrochimico di  $H^+$  che si instaura attraverso una membrana fosfolipidica come quella interna del mitocondrio. Questo meccanismo, descritto per la prima volta dal modello chemiosmotico di Peter Mitchell (Premio Nobel per la Chimica 1978), consente di accumulare in forma di potenziale elettrochimico del protone una parte dell'energia estratta da un altro processo chimico (come l'ossidazione di coenzimi e citocromi ridotti nel mitocondrio e nei batteri) o fotochimico (come nei sistemi clorofilliani dei cloroplasti e dei batteri fotosintetici) o ancora tramite il pompaggio diretto di  $H^+$  alimentato da fotoni (come fa la *batteriorodopsina* degli alobatteri). Il meccanismo del modello chemiosmotico (Scheda 2) è universalmente distribuito in tutti i viventi, da ogni tipo di batterio ai parameci, ai funghi, alle amebe, alle alghe, alle piovre, alle sequoie, agli squali, alle api e all'uomo (solo per fare un elenco tanto pomposamente impressionante quanto miseramente incompleto).

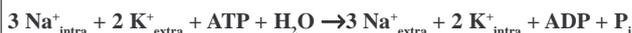
La forza protonmotrice può essere utilizzata *direttamente* solo per trainare un processo fisico o chimico a carico di un componente (una o più proteine) che si trova sulla stessa membrana attraverso la quale si instaura il gradiente stesso: la "corrente protonica" rende possibili flussi di ioni inorganici (come  $Ca^{2+}$  o  $HPO_4^{2-}$ ) o metaboliti (come il piruvato) contro il loro gradiente, oppure provoca lo scorrimento reciproco di complessi proteici di membrana come il "rotore" e lo "statore" dei flagelli batterici con i quali i microrganismi si muovono nel loro ambiente. Per poter diffondere questo potenziale energetico a tutti i processi cellulari, occorre però convertirlo in ATP. Questo è compito della ATP sintasi, un enzima com-



**Scheda 3** La  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasi trasferisce ioni sodio verso l'ambiente extracellulare (Extra, dove  $[\text{K}^+] < [\text{Na}^+]$ ) e ioni potassio verso il citoplasma (Intra, dove  $[\text{K}^+] > [\text{Na}^+]$ ), contro i rispettivi gradienti di concentrazione attraverso la membrana plasmatica (M). Valori tipici per le concentrazioni in mmoli/litro dei due ioni nei Mammiferi sono:  $\text{Na}^+$  extracellulare 145, intracellulare 12,  $\text{K}^+$  extracellulare 4, intracellulare 139. La  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasi è una proteina transmembrana eterotetramericata  $\text{a}_2\text{b}_2$  (nella figura è mostrata per semplicità una sola subunità per ciascun tipo). La subunità **a** (PM ~112.000) mostrata in grigio scuro, è dotata di attività enzimatica, di un sito di legame per l'ATP o per l'ADP (indicato con un piccolo cerchio), di due siti ad alta affinità sul lato extracellulare per legare lo ione potassio (indicato dal triangolino bianco) e di tre siti ad alta affinità sul lato citoplasmatico per legare lo ione sodio (indicato dal quadratino bianco); ad essa appartiene il residuo di aspartato (D) che viene fosforilato durante il ciclo catalitico. La subunità **b** (PM ~35.000), mostrata in grigio chiaro, è una glicoproteina (il piccolo esagono indica la porzione oligosaccaridica) che sembra avere la funzione di assistere la subunità **a** nel raggiungere la conformazione nativa corretta all'interno della membrana. I sei stati diversi della subunità **a** durante il ciclo catalitico sono distinti dalle condizioni di legame (con ATP, con ADP o senza nucleotidi), di fosforilazione del residuo di aspartato e di associazione con l'una e l'altra specie di catione trasportato.

- (1)  $[\text{ATP}/\text{Na}_m/\text{D}]$  la subunità **a** non fosforilata, in complesso con l'ATP (cerchio grigio scuro), ha legato tre ioni sodio sul lato citoplasmatico;
- (2)  $[\text{ADP}/\text{Na}/\text{D-P}]$  la fosforilazione del residuo di aspartato ( $-\text{D-P}$ ) con ADP rimasto nel sito di legame per il nucleotide (cerchio grigio chiaro), favorisce una conformazione in cui si aprono attraverso la subunità **a** canali per lo ione sodio che sfociano verso il lato extracellulare;
- (3)  $[-/\text{D-P}]$  e (4)  $[-/\text{K}_{\text{ex}}/\text{D-P}]$  dopo l'estrusione degli ioni sodio l'ADP si dissocia (cerchio bianco) e i siti per lo ione e potassio ora accessibili sul lato extracellulare legano due ioni di potassio;
- (5)  $[-/\text{K}/\text{D}]$  il legame del potassio provoca l'idrolisi dell'aspartil-fosfato, che libera ortofosfato inorganico ( $\text{P}_i$ ); questo favorisce una conformazione della subunità **a** in cui si aprono canali interni per il passaggio degli ioni potassio verso il citoplasma;
- (6)  $[\text{ATP}/\text{D}]$  dopo la dissociazione nel citoplasma degli ioni potassio, una nuova molecola di ATP si associa alla subunità **a** (cerchio grigio scuro), rendendo possibile il legame di altri tre ioni sodio dal lato citoplasmatico.

La reazione complessiva catalizzata dalla  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasi può essere riassunta con la seguente notazione:



Va notato che, a differenza della ATP sintasi, non si hanno per la  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasi dati diretti sulla struttura tridimensionale; dalla sequenza aminoacidica e da studi di reattività dei gruppi è possibile indicare quali regioni sono interne alla membrana (in conformazione  $\alpha$  elica) e quali sporgono nel citoplasma o sul lato extracellulare. Il modello presentato è quindi largamente ipotetico per quanto concerne l'identificazione di certi corrispettivi strutturali (ad es., la precisa natura dei canali per i due ioni e il meccanismo che opera la loro traslocazione). Tuttavia, i dati disponibili indicano chiaramente che esistono stati conformazionali distinguibili con tecniche biochimiche, connessi con l'associazione dell'enzima ai diversi ioni e nucleotidi e con la fosforilazione del residuo di aspartato.

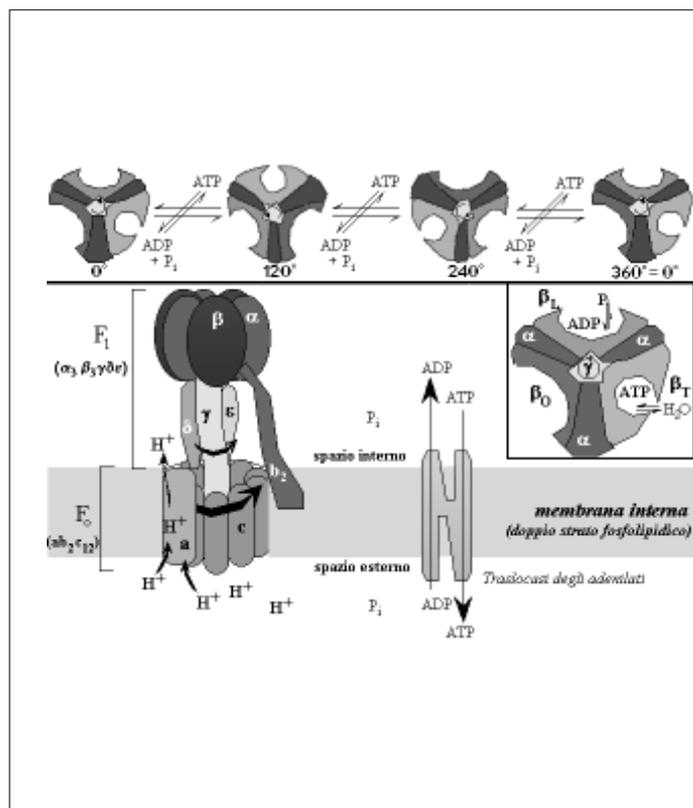
### La pompa sodio/potassio e i glicosidi cardiotonici

Dal 1785 (anno in cui compare il saggio del botanico e medico William Withering "An Account of the Foxglove, and Some of Its Medical Uses"), sono note le proprietà farmacologiche degli estratti di foglie secche della pianta medicinale *Digitalis purpurea*. Essi aumentano la potenza contrattile del cuore e possono quindi favorire l'attività circolatoria in certi casi di insufficienza cardiaca (dovuti a ipertensione o arteriosclerosi). Tali estratti contengono la **digitalina** e la **digitossina**, che agiscono sulla pompa sodio/potassio. Azione simile svolge la **ouabaina**, che alla fine del secolo scorso fu descritta nel "veleno per frecce" (in somalo: *waabayyo*) usato dagli Africani ed estratta da piante della famiglia delle Apocinacee, come *Strophantus gratus* o da *Acokanthera oubaio*. Questi principi attivi, noti alla farmacopea come glicosidi cardiotonici, constano di un aglicone a base steroidea e di una porzione glicidica che nella ouabaina è un residuo di ramnosio, nella digitalina un disaccaride composto di 3-metil-6-deossi-D-glucosio e D-galattosio, mentre nella digitossina è un trisaccaride costituito da tre unità identiche di un pentosio specifico di questi vegetali. Tutte e tre le sostanze vanno a legarsi sul lato extracellulare delle subunità **a** della pompa sodio/potassio, inibendone l'attività. Di conseguenza, esse sono veleni mortali se ingerite in dosi solo tre volte superiori a quelle terapeutiche; l'uso di un dosaggio accurato consente però di sfruttare la loro azione sul cuore. Infatti, agendo sulle cellule del miocardio, i glicosidi cardiotonici aumentano il contenuto di sodio intracellulare, che stimola il rilascio intracellulare di ioni calcio necessario alla contrazione.

**Tab. 1 Classificazione delle principali ATPasi che traslocano ioni attraverso le membrane cellulari**

Le caratteristiche strutturali e le proprietà funzionali consentono di raggruppare le molte ATPasi che traslocano ioni in tre classi. La più numerosa è la classe P (da "Phosphoryl") comprendente oltre 50 esempi (alcuni dei quali riportati qui sotto) e divisa in tre sottoclassi (la terza sottoclasse  $P_3$  contiene una sola proteina, la KdpABC ATPasi di *Escherichia coli*). La classe F (da "F<sub>0</sub>/F<sub>1</sub>") comprende i tre tipi di ATP sintasi (batterica, mitocondriale, cloroplastica), mentre la classe V (da "Vacuolo") raccoglie enzimi deputati alla formazione di ambienti interni acidi.

Classe P	Classe F	Classe V
Nella classe P la subunità catalitica è fosforilabile su un residuo di aspartato nella sequenza DKTG.	Nessuna subunità viene fosforilata in queste due classi durante la catalisi.	
<b>Sottoclasse P<sub>1</sub></b>		
Una sola subunità. Usano ATP per traslocare ioni di metalli pesanti.	Al minimo 8 subunità diverse. Servono a sintetizzare ATP usando un gradiente di H <sup>+</sup> .	Al minimo 7 subunità diverse. Idrolizzano ATP per generare un gradiente di H <sup>+</sup> che acidifica un ambiente.
<b>Sottoclasse P<sub>2</sub></b>		
2 tipi di subunità (a b ). Usano ATP per traslocare cationi non di metalli pesanti.		
<b>ESEMPI:</b>		
Cd <sup>2+</sup> ATPasi dei batteri	H <sup>+</sup> ATPasi del plasmalemma di piante, funghi e batteri	ATP sintasi della membrana interna dei batteri
Cu <sup>2+</sup> ATPasi umana implicata nella malattia di Wilson	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> ATPasi del plasmalemma degli animali superiori	ATP sintasi della membrana mitocondriale interna
Cu <sup>2+</sup> ATPasi umana implicata nella malattia di Menkes	pompa H <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> del plasmalemma delle cellule dello stomaco dei mammiferi	ATP sintasi della membrana tilacoidale di cloroplasti
	Pompa del Ca <sup>2+</sup> del plasmalemma di tutte le cellule eucariotiche	Plasmalemma di alcune cellule animali che secernono acidi (come gli osteoclasti e certe cellule del tubulo renale)
	Pompa del Ca <sup>2+</sup> del reticolo sarcoplasmico delle fibrocellule muscolari	



**Scheda 4** Funzionamento proposto per l'ATP sintasi. Nello spessore della membrana interna (di mitocondri, cloroplasti o batteri) costituita da fosfolipidi, è mostrata anche la *traslocasi degli adenilati* che catalizza lo scambio ATP/ADP tra i due compartimenti acquosi (interno ed esterno). Nel quadrato a destra è mostrata una vista "dall'alto" dell'unità catalitica: la subunità  $\gamma$  è mostrata in proiezione lungo il suo asse, le tre subunità  $\beta$  sono mostrate nei loro tre stati possibili che legano rispettivamente ATP ( $\beta_T$ ), ADP ( $\beta_L$ ), oppure nessun nucleotide ( $\beta_O$ );  $P_i$  indica l'ortofosfato inorganico che si lega con ADP alla conformazione  $\beta_L$ . Le subunità  $\alpha$  sono schematizzate come uguali, ma in realtà subiscono anch'esse variazioni di conformazione durante il ciclo. Nel riquadro rettangolare in alto è schematizzata la successione delle conformazioni nelle tre subunità  $\beta$  quando la subunità  $\gamma$  compie una rotazione di 360°. Secondo Boyer e Walker, la reazione di sintesi avviene quando, a causa della rotazione antioraria di  $\gamma$  la subunità  $\beta$  rappresentata in alto passa dalla conformazione L a quella T.

Notiamo che la ATP sintasi può essere considerata una ATPasi, per tre valide ragioni: 1) la reazione catalizzata è esattamente quella di idrolisi dell'ATP, ma può procedere nel verso della sintesi per accoppiamento col flusso protonico dallo spazio esterno a quello interno; 2) quando si trattano le membrane mitocondriali con ultrasuoni o con detergenti blandi, la porzione  $F_1$  si solubilizza e mostra attività di idrolisi sull'ATP; 3) se l'ATP sintasi purificata viene inserita in vescicole fosfolipidiche artificiali (con  $F_1$  all'esterno; vescicole "inside out"), l'aggiunta di ATP produce l'acidificazione del mezzo interno alle vescicole per un flusso protonico "invertito" accoppiato all'idrolisi di ATP in ADP +  $P_i$  (in questo caso, la rotazione di  $\gamma$  avviene in senso orario). Per queste ragioni, le ATP sintasi di varia fonte biologica sono classificate nella **classe delle ATPasi F** col nome di ATPasi  $F_1F_0$ .

posto da diverse catene polipeptidiche e incastonato sulle membrane interne di mitocondri, cloroplasti e cellule batteriche. Il contributo alla comprensione del suo meccanismo ha fruttato la prima metà del Premio Nobel per la Chimica 1997 a Paul D.

Boyer (statunitense nato nel 1918, che da decenni studia questo enzima e che da diversi anni ha proposto un modello per il suo funzionamento sulla scorta di dati biochimici) e a John E. Walker (inglese nato nel 1941, che lo ha convalidato nel 1994 sulla

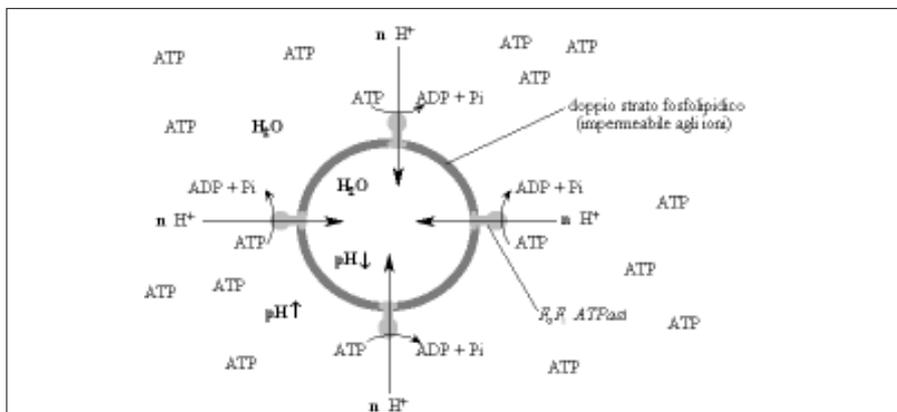
base di dati cristallografici). L'altra metà è andata al danese Jens C. Skou, nato nel 1918, che per primo ha scoperto nel 1957 (e poi studiato per almeno trentacinque anni) una pompa ionica alimentata da ATP, la pompa sodio/potassio sensibile alla oua-

baina. Anche questa è una proteina di membrana, ma si trova sulla membrana che divide le cellule animali dal mezzo extracellulare anziché su quella interna del mitocondrio: la sua azione consiste nell'espellere dalla cellula, per ogni ciclo catalitico, tre ioni sodio e nel catturare dall'esterno e portare all'interno della cellula due ioni potassio (Scheda 3). Al compiersi di ciascun ciclo, una molecola di ATP risulta idrolizzata in  $ADP + P_i$  (da cui il nome più corrente di  $Na^+/K^+$  ATPasi per questa proteina). Per essere più esatti, il residuo fosforico ceduto dall'ATP viene prima legato a un residuo di L-aspartato della ATPasi; questo gruppo aspartil-fosfato rimane tale fino alla cattura degli ioni potassio dal mezzo esterno, poi esso libera per idrolisi ortofosfato inorganico affinché l'enzima possa compiere la metà "intracellulare" del suo ciclo catalitico. Questa pompa è quindi elettrogena (può produrre una d.d.p. attraverso la membrana) e stabilisce gradienti di concentrazione degli ioni trasportati; di conseguenza, essendo sodio e potassio i cationi inorganici più abbondanti nei fluidi cellulari, contribuisce indirettamente a controllare anche la pressione osmotica sulla membrana. Essa è inoltre alla base della attività elettrica dei nervi (la sua esistenza e dipendenza dall'ATP era stata ipotizzata dagli elettrofisiologi che negli anni '50 studiavano la conduzione dell'impulso elettrico lungo i neuroni), ma anche di svariati meccanismi di trasporto attraverso la membrana (ad esempio, permette l'assorbimento intestinale del glucosio e degli amminoacidi dopo la digestione dei carboidrati e delle proteine alimentari). Il riconoscimento dato a Skou è quindi quello dovuto a un pioniere di questi studi che si sono successivamente sviluppati in misura spettacolare, portando alla scoperta di alcune decine di diverse "pompe ioniche" di questo tipo. La Tabella 1 riassume le pro-

prietà delle più importanti classi di ATPasi che traslocano ioni attraverso le membrane (tra le quali troviamo sia la pompa sodio/potassio che la ATP sintasi). Ma torniamo al meccanismo che spiega la sintesi di ATP accoppiata al flusso di protoni. Per far questo dobbiamo descrivere a grandi linee l'anatomia molecolare di questo complesso enzimatico (Scheda 4). Una prima divisione distingue la porzione costituita dai polipeptidi immersi del tutto o in parte nella membrana ( $F_0 =$  *Frammento sensibile alla Oligomicina*) da quella formata da polipeptidi ad essa esterni ( $F_1 =$  *Frammento 1*, poiché in inglese "F-o" significa anche "F-zero"); questa seconda porzione può essere distaccata dalle membrane e solubilizzata con trattamenti chimici o fisici blandi.  $F_0$  è una struttura fatta da tre tipi di catene polipeptidiche, **a**, **b** e **c**, dove 12 **c** formano una sorta di cilindro e **a** è un canale proteico attraverso il quale possono fluire i protoni secondo il loro gradiente elettrochimico; **b**<sub>2</sub> è un dimero allungato che fuoriesce dalla membrana.  $F_1$  è una specie di sfera ( $d = 90-100 \text{ \AA}$ ) con uno stelo ( $d = 45 \text{ \AA}$ ) che la connette a  $F_0$ . La sfera è composta da tre subunità  $\alpha$  e tre subunità  $\beta$  ( $\alpha_3\beta_3$ ) a struttura globulare, disposte in maniera alternata come gli spicchi di un'arancia; ciascuna delle tre subunità  $\beta$  contiene un sito catalitico (al quale contribuiscono anche un paio di amminoacidi della subunità  $\alpha$  adiacente) per la reazione  $ADP + P_i = ATP + H_2O$ . Lo stelo è fatto da tre catene polipeptidiche diverse:  $\gamma$ ,  $\delta$  ed  $\epsilon$ ; la parte di  $\gamma$  che si estende dal centro dell'unità  $\alpha_3\beta_3$  verso il cilindro di  $F_0$  è organizzata in due lunghe  $\alpha$ -eliche tra loro antiparallele (si tratta quindi di una struttura altamente asimmetrica), mentre  $\delta$  ed  $\epsilon$  sono associate a  $\gamma$  e in contatto con la parte inferiore dell'unità  $\alpha_3\beta_3$ . Le catene polipeptidiche **b** che fuoriescono dalla membrana prendono contatto con l'unità

$\alpha_3\beta_3$ .

Secondo il modello di Boyer convalidato da Walker (che è detto *binding-change mechanism*, ossia meccanismo di cambiamento del legame), il flusso dei protoni attraverso la subunità **a** di  $F_0$  fa ruotare il cilindro **c**<sub>2</sub> a una frequenza di circa 100 Hz (più o meno come il motore di un'automobile al massimo numero di giri); questo produce la rotazione dello stelo (la proteina  $\gamma$ ) che si orienta così diversamente rispetto alle tre subunità  $\beta$  nella sfera (che non può ruotare per la costrizione imposta da **b**<sub>2</sub> e forse anche da  $\delta$  o  $\epsilon$ ). Ad ogni orientamento corrisponde una diversa conformazione di ciascuna subunità  $\beta$  che cambia perciò la sua costante di dissociazione per i nucleotidi. Sono previste (e sono osservabili nelle strutture ottenute da Walker) tre conformazioni corrispondenti a tre stadi del ciclo catalitico:  $\beta_o$  ( $O = open$ ) che non lega alcun nucleotide;  $\beta_l$  ( $L = loose$ ) che ha un'affinità lasca per l'una o l'altra specie di nucleotide (ADP o ATP) e può quindi legare  $ADP + P_i$ ;  $\beta_t$  ( $T = tight$ ) che lega strettamente l'ATP. Poiché nell'ambiente del sito catalitico la costante di equilibrio per la reazione  $ATP + H_2O = ADP + P_i$  è circa 1, il passaggio dalla conformazione  $\beta_l$  a quella  $\beta_t$  produce la formazione di ATP e il successivo passaggio alla conformazione  $\beta_o$  lo fa dissociare, per poi riprendere il ciclo da capo. Ad ogni rotazione antioraria di  $360^\circ$  della proteina  $\gamma$ , ogni subunità  $\beta$  passa attraverso i tre stati conformazionali e compie un ciclo catalitico. Chiaramente, la direzionalità delle reazioni è determinata dal flusso di protoni e quindi dal loro gradiente elettrochimico. È interessante notare che, se si fornisce ATP a questo enzima ricostituito in membrane artificiali (Scheda 5), esso è in grado di pompare protoni nel verso opposto tramite l'idrolisi di ATP in  $ADP + P_i$ . Rimangono ancora diversi dettagli da chiarire sul dispositivo che consente di accoppiare l'utilizzo del gradiente protonico alla sintesi di ATP; ad alcune delle subunità della ATP sintasi devono ancora essere attribuite una struttura e una funzione precise; la stechiometria  $H^+/ATP$  oscilla, secondo le stime, fra 3 e 4; pare che esista un certo accoppiamento nell'azione della ATP sintasi e della traslocasi degli adenilati, che catalizza la reazione successiva (traslocazione verso l'esterno di ATP e verso l'interno di ADP). Tuttavia, il principio di funzionamento di questa macchina molecolare è in gran parte chiarito e costituisce ora un modello (detto di "catalisi rotazionale") sulla base del quale sarà possibile ricercare altri esempi o costruire analoghi artificiali. Una curiosa somiglianza si può riscontrare tra ATP sintasi e il motore dei flagelli batterici. Entrambi sono strutture



**Scheda 5** La ATP sintasi può funzionare come ATPasi in un sistema artificiale ricostituito di vescicole fosfolipidiche che presentano il frammento  $F_1$  sul lato esterno. Fornendo ATP a una sospensione di tali vescicole, esso viene idrolizzato dall'enzima in ADP e P mentre ioni  $H^+$  vengono traslocati dal mezzo esterno a quello interno alle vescicole, il cui pH di conseguenza si abbassa, come è possibile evidenziare con un indicatore contenuto al loro interno.

sopramolecolari complesse inserite in una membrana interna; utilizzano il gradiente protonico, convertendolo l'una in energia chimica, l'altro in energia meccanica, ma sulla base di uno stesso principio di funzionamento (cambiamenti conformazionali rilevanti in strutture proteiche che ruotano reciprocamente). Forse non è un caso che il regime di rotazione sia per entrambi vicino alla frequenza di 100 Hz. Ed è certamente più che una semplice coincidenza che uno dei componenti proteici dell'apparato flagellare batterico (costituito da circa cento proteine diverse) mostri una notevole rassomiglianza strutturale (quella che i biologi chiamano *omologia di sequenza amminocidica*) con la subunità  $\beta$  della ATP sintasi. Insomma, l'ATP sintasi potrebbe apparire come un motore mancato, avendo però acquistato un'importanza ben più generale nella bioenergetica cellulare. Recentemente, alcuni ricercatori hanno connesso alla subunità  $\gamma$  di questo enzima dei lunghi "bracci molecolari" (filamenti di actina resi fluorescenti con gruppi fluorofori opportuni) per osservarne la rotazione, dipendente dall'idrolisi di ATP, con tecniche di microscopia ottica. Finora sono trucchi da ricercatori, ma lo sfruttamento delle proprietà particolari di enzimi come la ATP sintasi e le pompe ioniche dipendenti da ATP potrebbe portare in un prossimo futuro alla costruzione di dispositivi molecolari di notevole interesse per la chimica, la biochimica e per le tecnologie da esse derivate.

### Glossario dei termini biologici usati

*Actina* = proteina intracellulare le cui molecole formano per polimerizzazione non covalente lunghi filamenti che fanno parte del sistema contrattile di tutte le cellule eucariotiche.

*Alobatteri* = gruppo di Archeobatteri adattati ad ambienti ad alta salinità ( $[\text{NaCl}] > 3 \text{ M}$ ).

*Cloroplasto* = organulo subcellulare tipico delle Piante e delle Alghe, contenente i fotosistemi per la conversione di energia luminosa in energia chimica (ATP e NADPH) e i sistemi metabolici per la sintesi dei carboidrati a partire da  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (*fotosintesi ossigenica*).

*Endosoma* = vescicola intracellulare circon-

data da una sola membrana e derivante da una invaginazione del plasmalemma.

*Eucarioti* = tutti gli organismi viventi dotati di un'organizzazione cellulare con nucleo ben definito e delimitato da un involucro a doppia membrana, e di altri compartimenti interni delimitati da membrane doppie (mitocondri, plastidi) o semplici (reticolo endoplasmico, apparato di Golgi, lisosomi, vacuoli, perossisomi). Sono divisi in quattro raggruppamenti: Protisti (animali o vegetali unicellulari), Funghi (comprendenti i lieviti, le muffe e i comuni funghi commestibili e velenosi), Animali (dalle spugne e i coralli fino all'uomo e alle formiche) e Vegetali (le alghe pluricellulari e le piante terrestri).

*Lisosoma* = organulo subcellulare circondato da una sola membrana e contenente enzimi idrolitici (proteinasasi, fosfatasi, di solito attivi a pH inferiore a 7).

*Malattia di Menkes* = malattia ereditaria, legata al cromosoma X, causata da alterata capacità dell'assorbimento gastrointestinale del rame per mutazioni del gene che codifica una proteina regolatrice del trasporto cationico. Si manifesta con grave ritardo della crescita, capelli crespi e grigiastri, pallore, degenerazione della sostanza grigia e bianca cerebrale e cerebellare. La morte sopraggiunge precocemente nell'infanzia.

*Malattia di Wilson* = malattia rara e congenita, a carattere autosomico recessivo, del metabolismo del rame, causata da una ridotta escrezione biliare di questo metallo che si accumula nel cervello, nel fegato, nel rene e nella cornea.

*Mitocondrio* = organulo subcellulare dotato di doppia membrana e sede delle principali attività metaboliche di tipo ossidativo accoppiate alla produzione di ATP.

*Osteoclasto* = cellula del tessuto osseo deputata alla distruzione e al riassorbimento di tale tessuto.

*Plasmalemma* = membrana che delimita la cellula rispetto al mezzo extracellulare.

*Procarioti* = tutti i viventi con organizzazione cellulare semplificata, senza organuli interni e senza involucro nucleare. Vi appartengono i comuni batteri, bacilli, coc-

chi ecc., detti *Eubatteri*, organismi fotosintetici detti *Cianobatteri* (un tempo Alghe Azzurre) e gli *Archeobatteri*.

*Reticolo sarcoplasmico* = nelle cellule muscolari viene così chiamato il sistema di compartimenti circondati da membrane che in generale è detto *reticolo endoplasmico*. *Tilacoide* (o *membrana tilacoidale*) = il sistema di membrane interne al cloroplasto sulla quale sono organizzati i fotosistemi clorofilliani e gli enzimi di membrana per la sintesi di ATP.

*Vacuolo* = organulo subcellulare circondato da una sola membrana, all'interno del quale vi è un fluido di composizione diversa da quella del citoplasma.

### Riferimenti bibliografici utili

Per la teoria chemiosmotica di Mitchell e in generale per la bioenergetica:

1. B. A. Melandri (1993) "L'energia dei viventi". La Nuova Italia Scientifica, Roma. Per una descrizione della ATP sintasi e della pompa  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  si possono consultare testi recenti di biochimica, quali:

2. L. Stryer (1996) "Biochimica", 4ª edizione. Zanichelli, Bologna.

3. D. Voet e J. G. Voet (1993) "Biochimica", 1ª edizione. Zanichelli, Bologna.

Per una rassegna recentissima e approfondita sulla ATP sintasi:

4. P. D. Boyer (1997) "ATP synthase - a splendid molecular machine", *Annual Review of Biochemistry*, n. **66**, 717-749.

La struttura cristallografica della porzione  $\alpha_3\beta_3\gamma$  della ATP sintasi è riportata con modellini molecolari a colori nell'articolo originale del gruppo di Walker:

5. J. P. Abrahams, A. G. W. Leslie, R. Lutter and J. E. Walker (1994) "Structure at 2.8 Å resolution of  $\text{F}_1\text{-ATPase}$  from bovine heart mitochondria", *Nature*, vol. **370**, 621-628.

Assai utile e chiaro è il commento autorevole a questo articolo, firmato da Richard L. Cross e pubblicato alle pagine 594-95 dello stesso fascicolo della rivista inglese. L'articolo di rassegna più recente scritto da Skou sulla  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasi è:

6. J. C. Skou and M. Esmann (1992) "The  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase", *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, vol. **24**, 249-261.

# APPRENDIMENTO COOPERATIVO E PROBLEM SOLVING SPERIMENTALE

### Summary

*We present here the experience carried out during the last three school years with the Problem Solving methodology among students' groups in cooperation in the first two classes (age 14-16) of a technical school. This methodology is helpful in facing low motivation problems and in improving the students' performance with the achievement of metaknowledge behaviours.*

*In the second part of the article we report some practical proposals relating to Problem Solving experimented by the authors with the first and second classes.*

### Riassunto

*Viene presentata l'esperienza didattica degli ultimi tre anni scolastici nel biennio dell'ITIS, condotta dagli autori con la metodologia del Problem Solving sperimentale in gruppi di studenti in cooperazione. Tale metodologia aiuta ad affrontare i problemi della scarsa motivazione e a migliorare notevolmente il rendimento dei ragazzi con la maturazione di atteggiamenti metacognitivi. Gli aspetti della metacognizione e della metamemoria sono stati approfonditi in un corso specifico nel 1997. La seconda parte dell'articolo riporta una serie di proposte operative di Problem Solving sperimentati in questi anni dagli autori con le classi prime e seconde.*

### Premessa

Con l'avvio, nel 1995/96, del nuovo ordinamento del biennio dell'ITIS che prevede lo studio della chimica già nella classe prima e dà ampio spazio all'attività di laboratorio, gli autori, negli ultimi tre anni, hanno creato un gruppo di lavoro con l'intento di rivedere la propria metodologia median-

---

LOREDANA ANGELERI NOTA<sup>(\*)</sup>

MARCO FALASCA<sup>(\*)</sup>

ANTONELLA MARTINI<sup>(\*)</sup>

---

te l'introduzione del Problem Solving sperimentale con i gruppi in cooperazione. Allo scopo di discutere e approfondire l'esperienza di questi anni, nel mese di novembre del 1997 si è tenuto, presso l'I.T.I.S. "E. MAJORANA" di Grugliasco (TO), il corso di aggiornamento "Aspetti cognitivi e metacognitivi dell'insegnamento della Chimica nel biennio degli I.T.I.". Agli incontri, coordinati dai proff. G. Valitutti e L. Mancinelli, sono intervenuti 27 insegnanti provenienti da vari I.T.I.S. della provincia di Torino. Il corso ha avuto una numerosa e attiva partecipazione da parte dei docenti perché nato dalla sentita esigenza di migliorare l'insegnamento mediante l'introduzione di nuove metodologie didattiche da utilizzare in laboratorio. E' stato un corso di "didattica sul campo" e quindi con immediati riscontri nella pratica dell'insegnamento/apprendimento, perché l'uso della tecnica del problem solving, oggetto del presente articolo, produce negli allievi un notevole aumento dell'interesse e un miglioramento del loro rendimento, anche se è necessaria una sperimentazione di almeno un anno per padroneggiare la metodologia. Riteniamo opportuno sottolineare che la tecnica del problem solving permette di valorizzare la compresenza degli insegnanti teorico e tecnico-pratico che devono "lavorare insieme" e collaborare fattivamente nelle attività previste; questo aspetto è stato uno dei fattori che ha determinato il successo del corso.

### I gruppi in cooperazione in laboratorio

Una gran parte degli adolescenti oggi appare non motivata allo studio e gli insuccessi scolastici sono frequenti. Il fenomeno ha origini e caratteristiche molto complesse, sociali, pedagogiche e psicologiche. I problemi nel processo di socializzazione dei

ragazzi, generati dalla perdita di ruolo della famiglia e dall'influenza della televisione e delle culture "virtuali", hanno contribuito a creare un abbassamento del rendimento scolastico.

Tale situazione apre la strada alla sperimentazione di nuove metodologie che permettano di operare meglio nel contesto attuale. La didattica da mettere in campo, come suggeriscono alcuni pedagogisti e psicologi contemporanei, deve coniugare strategie cognitive con strategie di collaborazione fra i discenti.

L'occasione migliore per attuare questo tipo di didattica ci pare sia l'attività di laboratorio, che è vissuta in generale dagli allievi come una gradevole parentesi tra le attività scolastiche sia perché permette loro di parlare e di muoversi, sia perché è l'unico momento in cui producono, "lavorano" nel vero senso della parola. Non sono impegnati solo mentalmente, ma anche fisicamente. Il problema che si pone all'insegnante è di sfruttare questa disposizione naturalmente positiva dell'allievo nel modo migliore, individuando tecniche che permettano di ottenere un apprendimento significativo, tale cioè che permanga nel tempo.

L'attività di laboratorio non deve perciò avere una finalità unicamente addestrativa ma soprattutto formativa. Ciò è tanto più vero con le classi del biennio, in cui gli allievi devono acquisire conoscenze di base e non imparare a maneggiare apparecchiature più o meno complesse e sofisticate.

Lezioni di laboratorio di tipo dimostrativo o in cui gli allievi eseguono delle esperienze basate su rigidi protocolli, possono far acquisire delle competenze ma generalmente non rimangono e sono difficilmente trasferibili.

E' perciò necessario introdurre nella pratica di laboratorio attività che impegnino più a fondo l'allievo, non perché particolarmente complicate, ma perché lo costringono non solo a "fare", ma a "riflettere su come fare". Gli allievi diventano soggetti attivi nella costruzione del loro sapere. In pratica se lo conquistano sul campo.

In questo senso il Problem Solving in labo-

---

\* ITIS "E. Majorana, via F. Baracca 76/86, -10095 Grugliasco (TO).  
Tel.+39 11 4113334 fax +39 11 4035379  
E-mail majorana@arpnet.it  
hone page: <http://www.arpnet.it/~majorana/>

ratorio, per gli studenti del biennio della scuola superiore, è un eccellente strumento: promuove la partecipazione, permette di svolgere le attività senza appesantire la memoria di lavoro, permette di riflettere e spiegare le intuizioni, l'immaginazione e la capacità di scelta tra le varie possibili soluzioni. A questo proposito si consiglia la lettura dell'importante articolo di A. H. Johnstone[1] che elenca i dieci comandi educativi sperimentati dal suo gruppo di ricerca. Sia la fase di progettazione della soluzione del Problem Solving, sia la fase conclusiva di revisione, prevedono come modalità didattica quella dei dialoghi interattivi e pedagogici, che costituiscono un'altra novità dell'intervento. "I dialoghi interattivi si svolgono generalmente fra insegnante e studente o tra due studenti. La ricerca ne ha dimostrato l'utilità nell'acquisizione delle abilità di comprensione e nell'apprendimento di contenuti"[2]. Attraverso il dialogo l'insegnante valuta se e quanto lo studente abbia compreso in modo corretto e approfondito il Problem Solving proposto e identifica le difficoltà per porvi rimedio.

Nella nostra scuola abbiamo, negli ultimi anni, sperimentato un modello che vuole inserire il lavoro di laboratorio in un contesto che favorisca e valorizzi le interazioni studente-contenuti, insegnante-studente e studente-studente, trascurate dalla didattica tradizionale, riconoscendone l'importanza fondamentale nella crescita cognitiva e sociale dei ragazzi. Da qui la scelta di praticare il problem solving sperimentale con le tecniche di insegnamento-apprendimento dei gruppi in cooperazione.

Pur non essendo possibile, in questa sede, illustrare dettagliatamente il sistema didattico avviato con i gruppi di lavoro in cooperazione, ci sembra utile accennare ad alcuni principi generali, partendo dall'idea di scuola come centro di formazione dei ragazzi alla convivenza. Il lavoro cooperativo di gruppo, che ci appare più efficace di quello competitivo-individualistico tradizionale, è organizzato dagli insegnanti, attraverso varie strategie operative[3], in modo da condurre gli studenti ad atteggiamenti collaborativi che li rendano responsabili del proprio apprendimento e di quello dei compagni di gruppo. Questa condizione è raggiunta attraverso vari passaggi: la condivisione degli obiettivi, delle informazioni e l'insegnamento diretto di competenze sociali, quali la capacità di aiutarsi, di ascoltare criticamente, di incoraggiare i compagni, di superare i conflitti ecc.

Il gruppo di apprendimento in cooperazione raggiunge risultati positivi perché i componenti lavorano nella "zona di sviluppo prossimo" di Vygostskj. La zona di svilup-

po prossimo è definita come "la distanza fra il livello di sviluppo effettivo e il livello di sviluppo potenziale dell'allievo, ottenibile attraverso attività di Problem Solving realizzate con la guida dell'insegnante o in collaborazione con compagni più capaci"[4]. Sostiene Giorgio Chiari [5]: "Il contatto con coetanei all'interno di un gruppo di collaborazione consente ai partecipanti di operare reciprocamente all'interno della propria zona di sviluppo prossimo, ottenendo nel gruppo comportamenti e risultati più avanzati di quelli conseguibili nelle normali attività individuali."

Non vengono scelti studenti leader, ma si fa in modo di promuovere il protagonismo dei singoli e la loro responsabilità verso il gruppo attribuendo vari ruoli a rotazione: coordinatore, segretario, portavoce, moderatore della discussione ecc. Abbiamo notato che i ruoli vengono vissuti molto seriamente dagli studenti. Per quanto attiene alle verifiche, viene praticata una valutazione di gruppo e una valutazione individuale.

Gli insegnanti teorici e tecnico-pratici, muovendosi tra i banconi del laboratorio, osservano e annotano i comportamenti, aiutano e incoraggiano gli studenti a confrontarsi e a discutere in merito ai contenuti ma soprattutto ai metodi di lavoro, svolgendo quindi un ruolo anche di animazione.

Il contesto didattico che viene così a delinearsi è molto proficuo per gli studenti del biennio delle superiori, in particolare per le classi prime, dove i ragazzi hanno problemi di inserimento e dove, in un organico di ore e materie numerose, spesso sono "soli". In quest'ambiente viene praticata l'attività di problem solving sperimentale.

### **Problem Solving sperimentale**

Naturalmente gli studenti conoscono già le tecniche semplici di laboratorio chimico, quali la filtrazione, l'essiccazione, l'uso della bilancia, la misura di volume di liquidi (con cilindri graduati, burette, pipette), apprese attraverso alcune iniziali esercitazioni "guidate", utili anche alla formazione e al primo rodaggio dei gruppi di lavoro[6]. Abbiamo preparato, per gli allievi di prima e seconda, due fascicoli contenenti tutte le esercitazioni guidate, i Problem Solving sperimentali nonché le norme di sicurezza e i suggerimenti operativi per il miglior utilizzo del laboratorio.

Il Problem Solving, che richiede la conoscenza teorica degli argomenti in oggetto, viene solitamente illustrato agli studenti qualche giorno prima della lezione di laboratorio, in modo che i componenti dei gruppi possano preparare a casa, individualmente, una bozza di soluzione mediante il diagramma a V di Gowin che viene illustrato poco più avanti. Contestualmente viene reso

noto l'elenco dei materiali allo scopo di aiutare i ragazzi ad individuare le possibili soluzioni. Essi vengono anche incoraggiati a ricercarne di originali per la realizzazione delle quali viene fornito, su loro richiesta, il materiale necessario.

In laboratorio si svolge poi il processo di confronto e discussione in ogni gruppo; nasce così un nuovo elaborato, più ricco e completo, con le scelte condivise da tutti i soggetti del gruppo (responsabilità individuale e collettiva). Si passa poi alla fase di esecuzione dal momento che le soluzioni del Problem Solving possono avvenire solo sperimentalmente. In questo modo si sviluppa il processo profondo di riflessione e di costruzione della conoscenza. Attraverso i due versanti della V di Gowin, quello concettuale e quello metodologico presenti in una sola pagina, è possibile per lo studente gestire e "vivere" l'interdipendenza tra il "pensare" ed il "fare"[7].

Questo processo non è per lo più lineare; spesso il progetto viene variato in corso d'opera e alla fine risulta non coerente con i concetti precedentemente espressi. Così pure durante l'esecuzione possono insorgere difficoltà non previste al momento della stesura del progetto. E' quindi indispensabile abituare i ragazzi a rivedere continuamente le varie parti della V di Gowin per controllare la coerenza interna di ciascuna e di tutte tra loro.

Abbiamo notato che gli allievi hanno grandi difficoltà ad esprimere i concetti; spesso si rifanno a definizioni generiche o addirittura passano direttamente alla stesura del progetto.

Frequentemente gli allievi non riescono ad osservare e descrivere ciò che avviene sotto i loro occhi. Probabilmente i continui stimoli visivi che ricevono hanno provocato l'inibizione della loro capacità di osservazione.

Per superare queste difficoltà è utile parlare con loro in modo che possano spiegare a voce ciò che non sono riusciti a scrivere e così aiutarli ad esplicitare e contemporaneamente chiarire e organizzare i concetti che sono già presenti nella loro mente.

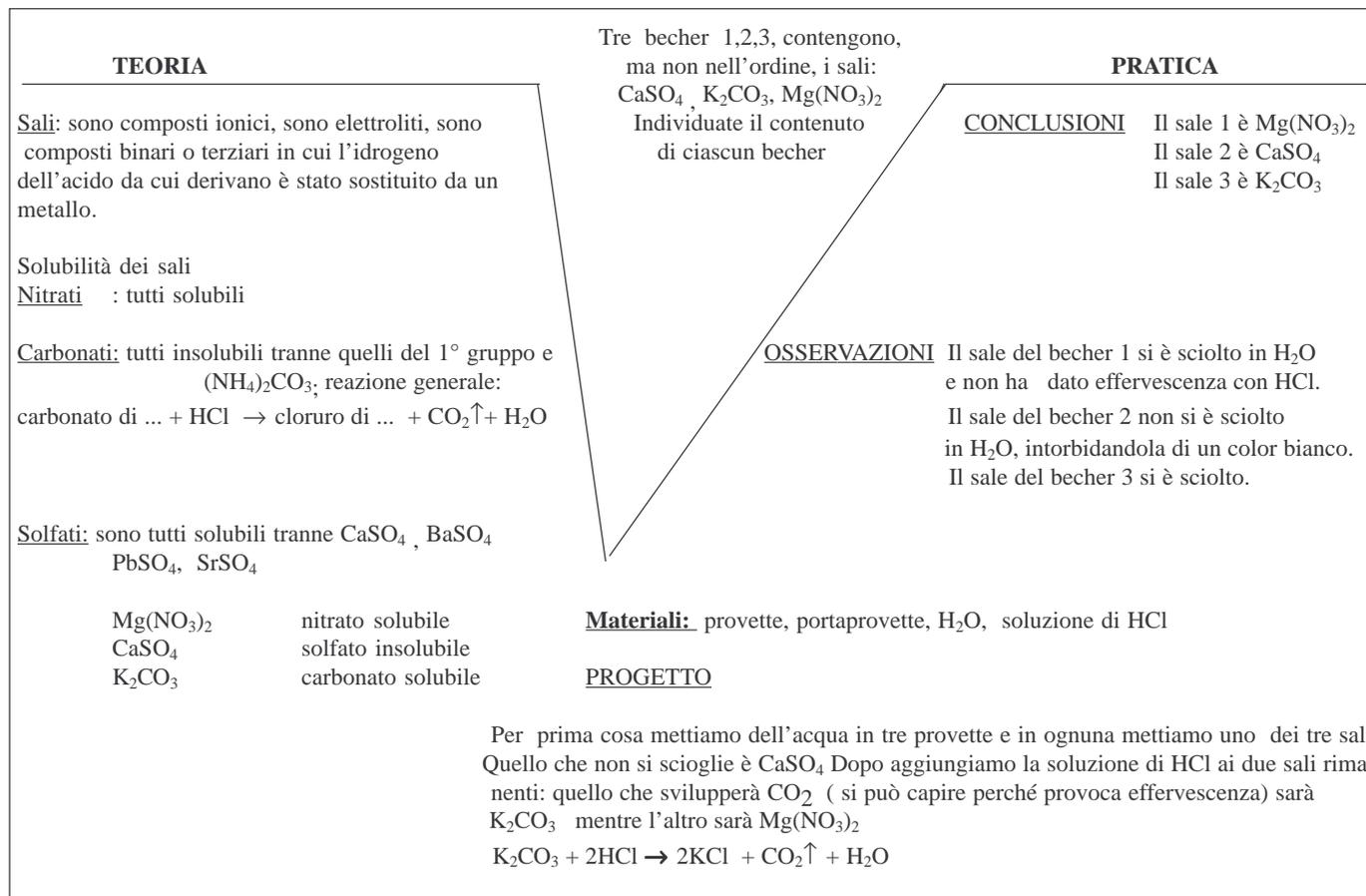
E' ovvio che l'insegnante deve abbandonare ogni atteggiamento inquisitorio e dimostrare massima disponibilità all'ascolto, incoraggiando l'allievo ad esprimersi; il risultato è che i ragazzi diventano "consapevoli" delle conoscenze che posseggono e sono stimolati ad approfondirle confrontandosi tra loro e con l'insegnante, migliora l'autostima e nasce un clima di collaborazione che favorisce un lavoro più proficuo. In questo senso il diagramma a V è uno strumento metacognitivo di grande efficacia, che mette i giovani alla prova, che può produrre consapevolezza, gratificazione.

Con una felice frase di Primo Levi, il ragazzo impara ed ha gusto di aver imparato "perché le cose le sa, e le sa per averle viste" [8].  
Come esempio presentiamo un diagramma

a V di Gowin impostato da un ragazzo di una classe seconda dell'I.T.I.S. Viene messo in evidenza come si rende possibile organizzare il pensiero e le azioni (*il fare*) attraverso i cinque punti in cui si articola: il

testo del problema, l'individuazione dei concetti e delle logiche per affrontarlo, il progetto di soluzione, i dati sperimentali e le spiegazioni conclusive.

*Esempio di Problem Solving realizzato da un allievo della classe seconda*



**Problem Solving proposti**

In questi anni di sperimentazione della nuova metodologia, abbiamo "inventato" alcune decine di problem solving, spesso sull'onda dell'entusiasmo e sempre con l'intento di favorire esperienze comuni, interattive, in un tentativo di uscire dalle rigidità tradizionali. Ne presentiamo alcuni per le classi prime e altri per le classi seconde degli ITIS. Sono stati tutti provati sul campo ed entrati nei curricoli delle nostre ordinarie attività.

**Problem Solving per la classe prima**

<b>PS n°1</b>	Come varia la temperatura riscaldando un sistema acqua e ghiaccio?
---------------	--

Materiali: becher contenente acqua e ghiaccio, termometro, cronometro, bunsen, baccetta di vetro.

Per l'insegnante:

a) prerequisiti teorici: nessuno;

- b) prerequisiti sperimentali: nessuno;
- c) osservazioni: poiché è il primo P.S. che viene eseguito, i docenti impostano la V di Gowin alla lavagna e lasciano la massima libertà al pensiero degli studenti scrivendo ogni loro suggerimento relativo alle parole chiave. Solo in una seconda fase si apre il dibattito sulla correttezza e sull'importanza relativa dei vari termini. La stessa cosa deve avvenire per gli altri punti della V di Gowin, così da giungere ad una soluzione esemplificativa proposta alla lavagna. La fase esecutiva deve essere comune, ma sono i ragazzi a misurare i tempi e le temperature, e a suggerire le eventuali osservazioni, sempre con la guida degli insegnanti.

<b>PS. n° 2</b>	E' più denso l'olio o l'acqua? Calcola le due densità.
-----------------	--

Materiali: due cilindri graduati, bilancia.

Per l'insegnante:

a) prerequisiti teorici: densità, massa, vo-

- lume.
- b) prerequisiti sperimentali: uso del cilindro graduato e della bilancia
- c) osservazioni: questo P.S. è molto interessante per due motivi. In primo luogo il concetto di "densità" spesso viene confuso con la viscosità (per accertarsene, prima di iniziare il PS, è utile chiedere agli studenti quale tra i due materiali a disposizione ritengono abbia densità maggiore). Notevole è la valenza affettiva di questo P.S., perché saranno gli studenti stessi alla fine dell'esperienza a scoprire il motivo per cui l'olio galleggia sull'acqua. In secondo luogo, confrontando alla lavagna i risultati diversi ottenuti dai singoli gruppi si può introdurre un discorso sull'errore e sulla accuratezza nelle misure.

<b>P.S.n°3</b>	Con i modellini a tua disposizione costruisci le seguenti rappresentazioni particolari: a) di un elemento b) di un composto c) di una miscela
----------------	--

Materiali: Kit per modelli a bastoncino

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: atomo, molecola, elemento, composto, miscela;  
b) prerequisiti sperimentali: nessuno

<b>P.S. n° 4</b>	Progettate un esperimento che vi consenta di verificare se il liquido ottenuto dalla filtrazione di un campione costituito da acqua di mare e terriccio è una sostanza pura o una miscela omogenea.
------------------	---

Materiali: becher, imbuto, filtro di carta, bacchetta di vetro, sostegni, bunsen.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: miscugli, sostanze pure, separazioni;  
b) prerequisiti sperimentali: filtrazione, evaporazione a secchezza.

<b>P.S. n° 5</b>	Progettate un esperimento che vi consenta di verificare se il solido consegnatovi è una sostanza pura o una miscela omogenea.
------------------	---

Materiali: apparecchiatura per la determinazione del p. f., cera o acido stearico.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: miscugli, sostanze pure, passaggi di stato;  
b) prerequisiti sperimentali: determinazione dei punti di fusione.

<b>P.S. n° 6</b>	In quali casi, mescolando le soluzioni A,B,C con le soluzioni 1, 2, 3, vi è indizio di reazione?
------------------	--

Materiali: soluzioni A,B,C; soluzioni 1, 2, 3; provette.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: trasformazione chimica, trasformazione fisica (mescolamento), formazione di precipitati;  
b) prerequisiti sperimentali: nessuno.  
c) osservazioni: il P.S. ha lo scopo di condurre gli allievi alla compilazione di uno schema riassuntivo, come ad esempio la griglia che segue, in cui registrare il colore e le altre caratteristiche degli eventuali precipitati che si formano mescolando a due a due le varie soluzioni. (vedi anche PS n° 6 bis).

	1	2	3
<b>A</b>	bianco	-	rosso
<b>B</b>	-	bianco	giallo
<b>C</b>	-	-	giallo gelatinoso

Le soluzioni da noi utilizzate sono: 1: NaCl, 2: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 3: K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, A: AgNO<sub>3</sub>, B: Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, C: Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

<b>P. S. n° 6 bis</b>	Vi viene fornita una delle tre soluzioni indicate con i numeri 1, 2, 3; individuate di quale soluzione si tratta.
-----------------------	---

Materiali: soluzioni A,B,C; soluzioni 1, 2, 3; provette.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: trasformazione chimica, trasformazione fisica (mescolamento), formazione di precipitati;  
b) prerequisiti sperimentali: preparazione dello schema di analisi relativo al P.S. n° 6

<b>P.S. n° 7</b>	Progettate un esperimento che vi consenta di verificare se è rispettata la legge di Lavoisier quando il marmo viene messo a contatto con una soluzione di acido cloridrico.
------------------	---

Materiali: non vengono indicati.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: trasformazione chimica, sistema chiuso/aperto, legge di Lavoisier, massa;  
b) prerequisiti sperimentali: uso della bilancia, reazione tra marmo e acido cloridrico;  
c) osservazioni: non vengono indicati i materiali perché devono essere gli studenti, ai quali si deve mostrare la reazione in sede di presentazione del P.S., a scegliere di lavorare con un sistema aperto o chiuso.

<b>P.S. n° 8</b>	Vi viene consegnata una soluzione di NaCl. Individuate la sua molarità.
------------------	---

Materiale: soluzione di NaCl, cilindro graduato da 25 mL, becher o capsula da evaporazione, bagno a sabbia, bunsen, bilancia.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: soluzioni, P.M., mole, molarità;  
b) prerequisiti sperimentali: uso del cilindro graduato, uso della bilancia, evaporazione a secchezza.

<b>P.S. n° 9</b>	Vi vengono forniti 0,41 g di FeCl <sub>3</sub> . Con questa quantità preparate una soluzione 0,100 M utilizzando il matraccio adatto tra quelli messi a disposizione.
------------------	---

Materiale: vetrino da orologio con 0,41 g.

di FeCl<sub>3</sub>, becher, imbuto, bacchetta di vetro, matracci da 25 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: soluzioni, P.M., mole, molarità;  
b) prerequisiti sperimentali: uso del matraccio, preparazione di soluzioni a concentrazione nota.

<b>P.S. n° 10</b>	Nei tre becher A,B,C sono contenuti, ma non necessariamente nell'ordine, composti di litio, sodio e potassio. Individuate in quale becher è contenuto il composto del litio.
-------------------	--

Materiale: vetrino da orologio con acido cloridrico 1 M, bacchetta di acciaio al nichel-cromo, bunsen, composti di litio, sodio e potassio.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: colorazione alla fiamma;  
b) prerequisiti sperimentali: saggi alla fiamma.

### Problem Solving per la classe seconda

<b>P.S. n° 1</b>	Progettate un esperimento che vi consenta di preparare due sostanze, una covalente gassosa ed una ionica; indicate le reazioni che avvengono.
------------------	---

Materiale: Magnesio in nastro, soluzione di HCl, capsula di porcellana

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: legame ionico e covalente, caratteristiche delle sostanze ioniche e molecolari;  
b) prerequisiti sperimentali: nessuno.

<b>P.S. n° 2</b>	I becher A e B contengono esano ed etanolo. Avendo a disposizione KI, individuate i due composti.
------------------	---

Materiale: becher con esano[C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>], becher con etanolo [CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH], KI, bacchetta di vetro. N.B.: si deve operare sotto cappa.

Per l'insegnante:

- a) prerequisiti teorici: legame ionico e covalente, solventi polari e non polari, solubilità;  
b) prerequisiti sperimentali: nessuno.

<b>P.S. n° 3</b>	I becher 1, 2, 3, contengono, ma non necessariamente nell'ordine, i seguenti sali: NaCl, KCl, CaCO <sub>3</sub> . Individuate il contenuto di ciascun becher
------------------	--

Materiale: H<sub>2</sub>O, HCl diluito., provette e portaprovette, filo d'acciaio al nichel-cromo, soluzione di AgNO<sub>3</sub>.

<b>P.S. n° 4</b>	I becher 1, 2, 3, contengono, ma non necessariamente nell'ordine, i seguenti sali: Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CaSO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Identificate il contenuto di ciascun becher
------------------	---

Materiale: H<sub>2</sub>O, HCl diluito., provette e portaprovette.

<b>P.S. n° 5</b>	I becher 1, 2, 3, contengono, ma non necessariamente nell'ordine, i seguenti sali: KCl, K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , CaCO <sub>3</sub> . Identificate il becher contenente K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .
------------------	---

Materiale: H<sub>2</sub>O, HCl diluito., provette e portaprovette.

<b>P.S. n° 6</b>	I becher 1, 2, 3, contengono, ma non necessariamente nell'ordine, i seguenti sali: CaSO <sub>4</sub> , CaCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Identificate il becher contenente CaCO <sub>3</sub> .
------------------	--

Materiale: H<sub>2</sub>O, HCl diluito., provette e portaprovette.

<b>P.S. n° 7</b>	Dovete separare, uno per volta, i cationi da una soluzione contenente gli ioni Ag <sup>+</sup> , Ba <sup>2+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .
------------------	--

Materiale: due becher (uno contenente la soluzione), imbuto a gambo lungo, due filtri, bacchetta di vetro, soluzione di Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e soluzione di NaCl.

P.S. 3-7: Per l'insegnante:

- prerequisiti teorici: riconoscimento alla fiamma dei cationi più comuni, solubilità in acqua dei sali, reazioni caratteristiche dei carbonati con HCl, dei solfati con Ba, dei cloruri con Ag<sup>+</sup>;
- prerequisiti sperimentali: nessuno;
- osservazioni: i P.S. 3-7 costituiscono un tentativo di avvicinare i ragazzi alla logica che sta alla base dell'analisi chimica. Pur

non avendo la pretesa di istruirli nell'analisi qualitativa, riteniamo importante che essi utilizzino le reazioni di riconoscimento di alcuni ioni molto comuni. E' ovviamente possibile costruire P.S. più complessi di quelli presentati in questa sede; sarà l'insegnante, con la sua fantasia e la sua esperienza, a decidere ciò che è più opportuno proporre, graduandolo opportunamente nel tempo tenendo conto delle abilità acquisite dai ragazzi. Sulla base della nostra esperienza possiamo affermare che gli allievi si impegnano a fondo nella "caccia allo ione".

<b>P.S. n° 8</b>	Avete a disposizione i seguenti metalli: Fe, Sn, Mg, Zn, Pb. Metteteli in ordine di reattività decrescente nella reazione con HCl.
------------------	--

Materiale: laminette di Fe, Sn, Mg, Zn, Pb, HCl 1M.

Per l'insegnante:

- prerequisiti teorici: dovrà essere l'insegnante a scegliere quelli più opportuni a seconda del momento in cui decide di proporlo;
- prerequisiti sperimentali: nessuno

<b>P.S. n° 9</b>	Individuate il pH (acido/basico/neutro) dei seguenti sali in soluzione acquosa: KCl, NH <sub>4</sub> Cl, NaNO <sub>2</sub> . Scrivete le reazioni relative a quanto osservato sperimentalmente.
------------------	---

Materiale: H<sub>2</sub>O, cartina indicatrice universale, bacchetta di vetro, provette e portaprovette.

Per l'insegnante:

- prerequisiti teorici: dissociazione ed idrolisi;
- prerequisiti sperimentali: nessuno

<b>P.S. n° 10</b>	Progettate due pile, una in cui il Pb (oppure Al, oppure Cu), si comporti come catodo ed una in cui si comporti come anodo.
-------------------	---

Materiale: lamine di Ag, Cu, Mg, Al, Pb, Zn, soluzione 1M di sali degli stessi metalli, carta da filtro, soluzione di NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> per il ponte salino.

Per l'insegnante:

- prerequisiti teorici: reazioni redox, scala dei potenziali normali di riduzione;
- prerequisiti sperimentali: uso del tester
- osservazioni: come in molti altri P.S. si fornisce materiale sovrabbondante. Dovranno essere gli allievi a scegliere quello più opportuno, sulla base del loro progetto. Lo scopo è di stimolare la creatività; dal momento che non esiste un'unica soluzione ogni allievo cercherà di sforzarsi a ricercare una personale, in collaborazione, ma anche in competizione con i compagni.

### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Signora Grazia Rizzo per l'assistenza tecnica continua e preziosa negli ultimi due anni, il Prof. Ivo Bianchi e il signor Raffaele Iacono per la collaborazione nella preparazione degli incontri di aggiornamento in laboratorio. Questo articolo è stato redatto in comune dai tre autori.

### Bibliografia

- [1] A. H. Johnstone, *Journal of Chemical Education*, 1997, **74**, 262-268
- [2] B.J.L. Wong, D. Butler, S. Ficzere, S. Kuperis, *Difficoltà di apprendimento*, 1998, **3**, 305-327
- [3] M. Comoglio, M. A. Cardoso, *Insegnare ed apprendere in gruppo*, Libreria Ateneo Salesiano, Roma 1996
- [4] L. S. Vygostskij, *Pensiero e linguaggio*, Giunti - Barbera 1973
- [5] G. Chiari, *Scuola democratica*, 1997, gennaio-marzo, p.24
- [6] a) G. Valitutti, A. Tifi, M. Marinozzi, *Tecniche di problem Solving nel laboratorio di chimica e di fisica*, IRRSAE Marche 1993 b) G. Valitutti, A. Tifi, Per un insegnamento formativo delle scienze della natura, *Scuola e Città*, agosto 1997, pp. 345-352
- [7] J. D. Novak, D. B. Gowin, *Imparando ad imparare*, SEI 1989
- [8] P. Levi, *La ricerca delle radici*, Einaudi 1981

# PROBLEM SOLVING FORUM

a cura di Liberato Cardellini

## EQUILIBRI CHIMICI

In questo numero viene riportata la risoluzione del problema n. 1, apparso su *La Chimica nella Scuola*, 1995, XVII, 92 e del problema n. 3, apparso su *La Chimica nella Scuola*, 1995, XVII, 124.

Un miscuglio di idrogeno, cloro e cloruro di idrogeno, le cui pressioni parziali valgono rispettivamente 0,200, 0,200 e 0,400 atm viene portato alla temperatura di 100°C. Calcolare la composizione all'equilibrio.  $\Delta G_{373}^{\circ} = -22,94 \text{ kcal/mol HCl}$

A questo problema hanno proposto soluzioni i lettori **Francesco Di Nola**, Telesse Terme (BN), **Francesco Folino**, Scarcelli di Fuscaldo (CS) ed **Eugenio Rosin**, S. Giovanni di Casarsa (PN).

Le soluzioni proposte da Folino e Rosin sono fondamentalmente corrette; la quantità di idrogeno e cloro presente all'equilibrio è praticamente trascurabile e in entrambi i casi dell'ordine di  $10^{-7}$  atm. La soluzione proposta da Di Nola è interessante perché passando attraverso le frazioni molari trova il risultato  $X_{H_2} = X_{Cl_2} = 3,61 \cdot 10^{-14}$  e  $X_{HCl} = 1$ . Ma queste sono soluzioni trovate da esperti, che difficilmente possono essere fatte proprie in maniera significativa dallo studente alle prime esperienze con lo studio della termodinamica. E' possibile proporre una risoluzione suddivisa in molti steps, spezzando la catena del ragionamento [1] in modo da venire incontro alle difficoltà degli studenti evitando loro il sovraccarico della memoria di lavoro.

1 DFP<sup>(1)</sup>



$$\Delta G_{373}^{\circ} = (-22,94 \text{ kcal/mol HCl}) \cdot (4,184 \text{ kJ/kcal}) = -95,98 \text{ kJ/mol HCl}$$

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + R T \ln P_{HCl}/P_{H_2}^{1/2}P_{Cl_2}^{1/2}$$

Dalle condizioni iniziali si calcola il valore di  $\Delta G$  per stabilire la direzione verso la quale la reazione avviene, per andare all'equilibrio:

$$\Delta G = (-95,98 \text{ kJ/mol}) \cdot (10^3 \text{ J/kJ}) + (8,314 \text{ J/mol K}) \cdot (373 \text{ K}) \ln (0,400/0,200) = -93831 \text{ J/mol}$$

$\Delta G < 0$  significa che la reazione avviene dai reagenti verso la formazione dei prodotti.

2 SIA<sup>(2)</sup>

All'equilibrio,  $\Delta G = 0$ . Indicando con  $r$  [2] la variazione delle pressioni parziali per stabilire l'equilibrio, si ha:

$$P_{H_2} = P_{Cl_2} = (0,200 - r/2) \text{ atm}$$

$$P_{HCl} = (0,400 + r) \text{ atm}$$

$r$  è un numero positivo compreso nell'intervallo:  $0 < r < 0,400$  atm.

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

3 CVI<sup>(3)</sup>

$$\ln K_p = 30,950$$

$K_p = 2,76 \cdot 10^{13}$ . Sostituendo i valori definiti nel punto precedente nella relazione della costante di equilibrio, si ha:

$$2,76 \cdot 10^{13} ((0,200 - r/2) \text{ atm})^2 = (0,400 + r) \text{ atm}$$

$$r = 4,00 \cdot 10^{-1} \text{ atm}$$

Questo risultato non è accettabile; dalle condizioni stabilite in SIA, sappiamo che  $r$  deve essere minore di 0,400 atm. Come possiamo ottenere la soluzione che sia corretta dal punto di vista numerico e che soddisfi la verifica? Poiché lo stato di equilibrio non dipende da come viene raggiunto, possiamo pensare di approssimarci all'equilibrio "dall'altra parte". Per questo si assume che tutto l'idrogeno e tutto il cloro reagiscano, formando la quantità stechiometrica di HCl. Si riparte perciò con questa situazione iniziale:

$$P_{H_2} = P_{Cl_2} = 0$$

$$P_{HCl} = 0,800 \text{ atm}$$

All'equilibrio si ha:



$$\begin{array}{ccc} i & - & - & 0,800 \\ e & r/2 & r/2 & 0,800 - r \end{array}$$

Dove  $i$  sta per inizio ed  $e$  sta per equilibrio, ed  $r$  è un numero positivo compreso nell'intervallo:  $0 < r < 0,800$  atm. Si ha:

$$\Sigma_i P_i = r/2 \text{ atm} + r/2 \text{ atm} + (0,800 - r) \text{ atm} = 0,800 \text{ atm}$$

$$2,76 \cdot 10^{13} \cdot (r/2 \text{ atm})^2 = (0,800 - r) \text{ atm}$$

$$r = 5,80 \cdot 10^{-14} \text{ atm}$$

All'equilibrio, si ha:

$$P_{HCl} = 8,00 \cdot 10^{-1} \text{ atm}$$

$$P_{H_2} = 2,90 \cdot 10^{-14} \text{ atm}$$

$$P_{Cl_2} = 2,90 \cdot 10^{-14} \text{ atm}$$

**VERIFICA**

La verifica si esegue controllando il valore di  $K_p$  che deve restare costante e che  $\Sigma_i P_i = 0,800$  atm.

$$\begin{aligned} \Sigma_i P_i &= 8,00 \cdot 10^{-1} \text{ atm} + 2,90 \cdot 10^{-14} \text{ atm} + \\ &+ 2,90 \cdot 10^{-14} \text{ atm} = 0,800 \text{ atm} \\ (8,00 \cdot 10^{-1} \text{ atm}) / (2,90 \cdot 10^{-14} \text{ atm}) &= 2,76 \cdot 10^{13} \end{aligned}$$

Il motivo per cui il primo procedimento non funziona è dovuto al fatto che con il numero delle cifre significative che si usa, non si riesce ad apprezzare la differenza tra due numeri quasi uguali.

Ora consideriamo il problema:

Calcolare quanti millilitri di acido cloridrico al 20,0% in peso e densità 1,098 g/mL occorre aggiungere a 1,00 L di ammoniaca 0,100 M per avere una soluzione a pH 8,340.  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/L.

Sono state proposte soluzioni dai lettori **Francesco Di Nola**, Telesse Terme (BN), **Francesco Orlando**, Reggio Emilia ed **Eugenio Rosin**, S. Giovanni di Casarsa (PN). Un quarto lettore ha inviato una soluzione errata, che verrà pure discussa perché l'errore commesso è piuttosto comune.

Francesco Orlando ricorre ai bilanci di carica e di massa, ottenendo un'equazione polinomiale che risolta, conduce al risultato numericamente corretto: 14,8 mL di acido cloridrico. La soluzione proposta da Eugenio Rosin è stata ottenuta partendo dal bilancio di massa sull'azoto e da questo calcolando la concentrazione dello ione ammonio all'equilibrio:  $[NH_4^+] = 8,92 \cdot 10^{-2}$  M. E' stato poi assunto che le moli di ioni  $Cl^-$  siano in numero uguale a quello delle moli di  $NH_4^+$  e finalmente è stato trovato il risultato. E' necessario evidenziare che l'approssimazione utilizzata in questa soluzione ( $n_{Cl^-} = n_{NH_4^+}$ ), ragionevole per l'esperto che è in grado di stimare con sufficiente accuratezza il risultato e su questa stima

valutare l'approssimazione, è oltre le capacità cognitive della maggior parte degli studenti, privi dell'esperienza nella risoluzione di questi problemi che noi abbiamo negli anni accumulato.

La soluzione proposta da Francesco Di Nola, anche questa molto interessante nel ragionamento seguito, calcola le moli di acido cloridrico da aggiungere con la relazione:

$$(x \text{ mL}) \cdot \text{densità} \cdot 0,200 / \text{peso molecolare} = 6,02 \cdot 10^{-3} \cdot x \text{ mol HCl}$$

calcola le concentrazioni  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$  nella soluzione di ammoniaca prima di aggiungere l'acido cloridrico; tenendo conto della variazione di volume  $((1000 + x) \text{ mL})$  calcola le concentrazioni all'equilibrio; le moli di  $\text{NH}_3$  diminuiscono mentre le moli  $\text{NH}_4^+$  aumentano in conseguenza dell'aggiunta di  $6,02 \cdot 10^{-3} \cdot x \text{ mol HCl}$ : anche il pH subisce una diminuzione e all'equilibrio,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 4,56 \cdot 10^{-9} \text{ M}$ .

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,19 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{(1,34 \cdot 10^{-3} + 6,02 \cdot 10^{-3} \cdot x)}{(1000 + x) \cdot 10^{-3}} + [\text{OH}^-] \text{ M}$$

$$[\text{NH}_3] = \frac{(9,87 \cdot 10^{-2} - 6,02 \cdot 10^{-3} \cdot x)}{(1000 + x) \cdot 10^{-3}} - [\text{OH}^-] \text{ M}$$

Calcola il volume di acido cloridrico e verifica la correttezza del risultato trovato. Perfetto! Rimane l'ultima soluzione che è stata proposta. Questa considera il sistema all'equilibrio:



$$K_b[\text{H}_3\text{O}^+] = K_w[\text{NH}_4^+]/[\text{NH}_3]$$

ovvero:

$$\text{pH} = \text{p}K_w - \text{p}K_b + \log([\text{NH}_3]/[\text{NH}_4^+])$$

poi ricorre all'approssimazione:

$$[\text{NH}_3] = C_b \text{ e } [\text{NH}_4^+] = C_s$$

e, facendo i successivi passaggi in modo corretto, ottiene il risultato di 136,5 mL di acido cloridrico. Il lettore non me ne voglia, ma questo risultato è sbagliato.

Se anche un esperto, usando il sistema delle formule approssimate può ottenere un risultato sbagliato, dobbiamo seriamente riflettere sull'efficacia didattica di questa maniera di proporre la soluzione dei problemi sugli equilibri ionici ai nostri studenti. Risultati sbagliati o con un errore relativo troppo grande si trovano con maggior frequenza di quanto ci si aspetterebbe. Usando dati a tre cifre significative, possiamo affermare che un problema è risolto in modo corretto se l'errore relativo del risultato è inferiore od eguale all'1%. Usando programmi

adatti per calcolare  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  in modo numericamente corretto, ho sottoposto a verifica una serie di problemi sugli equilibri ionici risolti in vari libri di testo. Con mia grande sorpresa ho dovuto constatare che si trovano errori del 19,8%, del 58,5% e anche del 73,4%. In due distinte pubblicazioni è riportato il calcolo delle concentrazioni degli ioni presenti all'equilibrio in una soluzione di  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , risolto in modo da ottenere  $[\text{HPO}_4^{2-}] = 1,96 \cdot 10^{-7} \text{ M}$  in un caso [3] e  $6,2 \cdot 10^{-8} \text{ M}$  nell'altro [4]. I due risultati differiscono del 216%. Evidentemente gli errori riportati sono errori relativi, intendendo per errore relativo (E) il valore assoluto della relazione

$$(1 - R'/R) \cdot 100 = E$$

per  $R \neq 0$ , dove  $R'$  è il risultato trovato e  $R$  è il risultato corretto.

Si potrebbe obiettare che la pratica di usare formule approssimate nella risoluzione di problemi è diffusa nei testi di stechiometria e quasi sempre si ottengono risultati corretti. Il fatto è che noi esperti, sapendo che le formule approssimate valgono soltanto in certi casi, restringiamo il tipo di problemi proposti ai casi in cui le formule hanno validità e mostriamo agli studenti con esempi risolti, come risolvere con successo i problemi, usando le formule approssimate. In un numero precedente di *La Chimica nella Scuola* [5] è stato dimostrato come l'applicazione dell'equazione di Henderson-Hasselbach a volte conduce a risultati sbagliati.

Anche gli studenti a volte risolvono i problemi sugli equilibri ionici ricorrendo all'uso delle formule approssimate e in certi casi sbagliano la soluzione. Che fare? Imre Lakatos, un filosofo della scienza, ha affermato che il progresso scientifico avviene attraverso progressivi spostamenti del problema (problemshifts) [6]. Se usiamo questo principio per capire le difficoltà degli studenti, dobbiamo convenire che è necessario operare uno spostamento del problema nella mente di colui che risolve il problema; spesso questo significa che la rappresentazione del problema impiegata era sbagliata ed è necessario cambiarla. Occorre perciò una strategia che dimostri sbagliata la soluzione ottenuta [7] e che suggerisca qualche indizio per trovare la soluzione corretta. Un metodo generale di soluzione dei problemi suggerito dalle ricerche sul Problem Solving è il ricorso a problemi analoghi [8]. Applichiamo questa strategia, unita al metodo Hansel e Gretel [9], che suggerisce la soluzione del problema nella formulazione inversa, che richiede la formulazione e la soluzione di un problema che percepiamo più facile.

Per prima cosa definiamo in modo preciso il problema che dobbiamo risolvere: se ne eseguiamo l'analisi nell'ottica della teoria dei sistemi, il sistema fisico può essere visto come un sistema dinamico con feedback di primo grado [10]. L'aggiunta di un volume di acido fa variare il pH e questo può diminuire fino a  $\text{pH} = 8,340$ . Il pH varia sia per l'aggiunta di acido che per l'effetto della diluizione. Da ciò deriva che è necessario tenere conto della variazione del volume della soluzione dovuta al volume di acido cloridrico aggiunto. Una delle soluzioni corrette, trascura questo fatto. Di nuovo, questa è una approssimazione che soltanto un esperto è in grado di usare con successo, e comunque, non vale per tutti i casi possibili. Ma siamo davvero convinti che uno studente che segue un corso di chimica generale sia in grado di stimare il valore numerico del volume da aggiungere?

Se il volume calcolato di 136,4 mL di acido cloridrico risolve il problema, calcoliamo il pH della soluzione ottenuta. Lo studente riformula il problema nel modo seguente:

Calcolare il pH della soluzione ottenuta aggiungendo 136,5 mL di acido cloridrico al 20,0% in peso e densità 1,098 g/mL a 1,00 L di ammoniaca 0,100 M.

$$K_b = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

Lo studente ragiona poi in questo modo:

#### 1 DFP

Avviene una reazione tra un acido e una base; la reazione avviene tra moli di sostanza, dunque è necessario calcolare le moli di HCl e di  $\text{NH}_3$ .

$$136,5 \text{ mL slz HCl} = (136,5 \text{ mL slz}) \cdot (1,098 \text{ g slz/mL slz}) = 149,88 \text{ g slz}$$

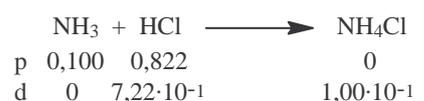
$$(149,88 \text{ g slz}) \cdot (20,0 \text{ g HCl}/100 \text{ g slz}) = 29,98 \text{ g HCl} = 8,221 \cdot 10^{-1} \text{ mol HCl}$$

$$(1,00 \text{ L slz NH}_3) \cdot (0,100 \text{ mol NH}_3/\text{L slz}) = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol NH}_3$$

Dove slz sta per soluzione.

#### 2 SIA

Avviene la reazione:



Dove p significa prima che la reazione avvenga e d significa dopo che la reazione è avvenuta.

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = (1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol}) / (1,136 \text{ L}) = 8,80 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

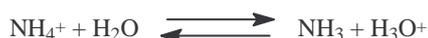
$$[\text{HCl}] = (7,22 \cdot 10^{-1} \text{ mol}) / (1,136 \text{ L}) = 6,36 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

Avendo eseguito dei calcoli intermedi rispetto ai dati e al risultato finale, è lecito utilizzare una cifra significativa in più. Ora è possibile una nuova riformulazione del problema:

Calcolare il pH di una soluzione che contiene acido cloridrico  $6,36 \cdot 10^{-1} \text{ M}$  e cloruro di ammonio  $8,80 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ .  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ .

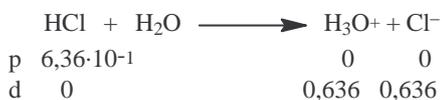
### 1 DFP

Avvengono le reazioni:

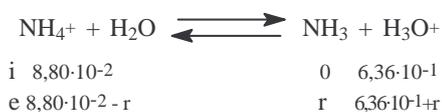


### 2 SIA

Si ha:



Avvengono r moli di reazione per stabilire l'equilibrio:



r necessariamente sarà un numero positivo compreso nell'intervallo:  $0 < r < 8,80 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ .

$$K_i[\text{NH}_4^+] = [\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$K_i = K_w/K_b = 1,00 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2 / 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 5,56 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

$$(5,56 \cdot 10^{-10} \text{ M}) \cdot (8,80 \cdot 10^{-2} - r) \text{ M} = (r \text{ M}) \cdot (6,36 \cdot 10^{-1} + r) \text{ M}$$

risolvendo si ottiene:

$$r = 7,69 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

### 3 CVI

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = (6,36 \cdot 10^{-1} + r) \text{ M} = 6,36 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 0,196$$

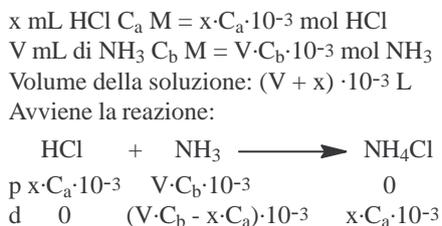
Lo studente ha così ottenuto due informazioni importanti: 1. Ha dimostrato che il volume di acido cloridrico ottenuto con la formula usata è sbagliato perché in forte eccesso rispetto alla quantità necessaria a portare il pH a 8,340; 2. Ha svolto con successo il problema e sviluppato il procedimento valido per risolvere il problema analogo (il problema iniziale, più difficile, perché il volume di acido è incognito).

Nonostante il problema da risolvere sia ana-

logo a quello appena risolto, e richieda lo stesso procedimento risolutivo, perciò avrà una identica richiesta mentale (M-demand) [11], dobbiamo riconoscere che viene percepito come un problema difficile dai nostri studenti.

### 1 DFP

Riportiamo il ragionamento più generale possibile. Al volume di V mL di  $\text{NH}_3$   $C_b$  M vengono aggiunti x mL di  $\text{HCl}$   $C_a$  M:

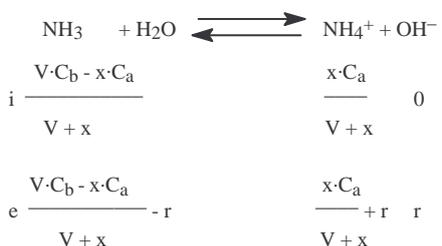


L'acido cloridrico è il reagente limitante perché il pH di 8,340 è compatibile con sistema  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ . Questa inferenza viene rinforzata nello studente dalle conclusioni derivate dal problema precedente. Dopo che la reazione è avvenuta, abbiamo:

$$\begin{array}{l} [\text{NH}_3] = (V \cdot C_b - x \cdot C_a) / (V + x) \\ [\text{NH}_4\text{Cl}] = (x \cdot C_a) / (V + x) \end{array}$$

### 2 SIA

Si stabilisce l'equilibrio:



con  $r = [\text{OH}^-]$ . Sostituendo queste quantità nella espressione della costante di equilibrio e risolvendo, si ottiene  $x = 14,8 \text{ mL HCl}$ .

### VERIFICA

$$\begin{array}{l} [\text{H}_3\text{O}^+] = 4,56 \cdot 10^{-9} \text{ M} \\ [\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,19 \cdot 10^{-6} \text{ M} \\ [\text{NH}_4^+] = 8,78 \cdot 10^{-2} \text{ M} \\ [\text{NH}_3] = 1,07 \cdot 10^{-2} \text{ M} \\ [\text{Cl}^-] = 8,78 \cdot 10^{-2} \text{ M} \\ [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] = 8,78 \cdot 10^{-2} \text{ M} \\ [\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = 8,78 \cdot 10^{-2} \text{ M} \\ [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_3] = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M} \end{array}$$

(1) DFP significa definizione formale del problema; (2) SIA sta per selezione di informazioni appropriate; (3) CVI sta per combinazione delle varie informazioni.

### Bibliografia

[1] A. H. Johnstone, W. R. Hogg, P. R. P.

MacGuire, S. H. Raja, "How long is a chain? Reasoning in science", *School Science Review*, 1997, **78**, 73.

[2] L. Cardellini, "Moli di reazione che avvengono: un concetto utile nella stechiometria", *La Chimica nella Scuola*, 1995, **XVII**, 19.

[3] M. J. Sienko, *Equilibrium*, W. A. Benjamin, Inc.: New York, 1964, p. 404.

[4] P. Nylén, N. Wigren, *Stechiometria*, CEDAM: Padova, 1971, p. 174-175.

[5] "Equilibri ionici", *La Chimica nella Scuola*, 1998, **XX**, 22.

[6] I. Lakatos, "La falsificazione e la metodologia dei programmi di ricerca scientifici", in I. Lakatos, A. Musgrave, (Eds), *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli: Milano, 1993, p. 194.

[7] I. Lakatos, *Proofs and refutations: the logic of mathematical discovery*, Cambridge University Press: Cambridge, 1994.

[8] S. K. Reed, G. W. Ernst, R. Banerji, "The Role of Analogy in Transfer Between Similar Problem States", *Cognitive Psychology*, 1974, **6**, 436; M. L. Gick, K. J. Holyoak, "Analogical problem solving", *Cognitive Psychology*, 1980, **12**, 306; S. K. Reed, A. Dempster, M. Ettinger, "The usefulness of analogous solutions for solving algebra word problems", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 1985, **11**, 106; M. L. Gick, K. J. Holyoak, "Analogical problem solving", in A. M. Aitkenhead, J. M. Slack, (Eds), *Issues in cognitive modelling*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1987, p. 279; J. R. Hayes, *The complete problem solver*, 2nd Ed., Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1989, p. 290; K. Schultz, J. Lochhead, "A view from physics", in M. U. Smith, (Ed.), *Toward a Unified Theory of Problem Solving. Views From the Content Domains*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1991, p. 107; M. Watts, *The Science of Problem-solving*, Cassell Educational Limited: London, 1991, p. 46.

[9] L. Cardellini, "Il metodo Hansel e Gretel", *La Chimica nella Scuola*, 1996, **XVIII**, 58.

[10] J. W. Forrester, *Principi dei sistemi*, Etas Kompass: Milano, 1974, Par. 2.2.

[11] M. Niaz, "Relation between M-Space of Students and M-Demand of Different Items of General Chemistry and Its Interpretation Based upon the Neo Piagetian Theory of Pascual-Leone", *J. Chem. Educ.*, 1987, **64**, 502; M. Niaz, "Manipulation of M demand of chemistry problems and its effect on student performance: a neo-Piagetian study", *J. Res. Sci. Teach.*, 1988, **25**, 643; M. Niaz, "The Relationship between M-Demand, Algorithms, and Problem Solving: A Neo-Piagetian Analysis", *J. Chem. Educ.*, 1989, **66**, 422; M. Niaz, "Dimensional Analysis: A Neo-Piagetian evaluation of M-Demand of chemistry problems", *Research in Science & Technology Education*, 1989, **7**, 153.

## Esperienze di laboratorio per lo studio delle sostanze gassose nella scuola media inferiore

### Riassunto

Si propone un lavoro di tipo sperimentale per l'acquisizione del concetto di materialità dei gas. Il percorso didattico è concepito per il livello della scuola secondaria di primo grado; può comunque essere adattato sia per gli ultimi anni della scuola elementare, sia per il biennio della scuola secondaria superiore. Vista l'età degli allievi a cui sono indirizzate, le esperienze proposte coinvolgono soprattutto la sfera sensoriale.

### Abstract

An experimental work is presented, addressed to the acquisition of the concept of materiality of gases. The reference school level is the junior high school (pupils aged 11 - 14 years), but the work can be adapted to the last years of elementary school and to the first years of high school. The experiments involve mainly the sensorial aspects.

### 1. Introduzione

In questo lavoro si vuole raccogliere un materiale già in gran parte pubblicato (1, 2), in modo da conferirvi una veste unitaria e, soprattutto, ben indirizzata alla pratica sperimentale.

Lo studio della materia nei diversi stati fisici costituisce in genere un argomento sempre presente nei curricula della scuola elementare e della scuola media. In molti casi, però, lo studio della materia allo stato gassoso è alquanto sottovalutato: viene a volte proposto durante la scuola elementare, quando può esservi al massimo un primo approccio; è spesso trascurato in sede di scuola media inferiore, quando probabilmente si troverebbero le condizioni ideali per una corretta acquisizione dei concetti

---

PIERLUIGI RIANI<sup>(\*)</sup>

---

di base; nella scuola secondaria superiore ci si limita poi ad alcuni aspetti sicuramente importanti (quali ad esempio la legge di Boyle), ma che non possono essere considerati esaustivi.

Appare invece di estrema importanza una corretta acquisizione dei principali concetti relativi allo stato gassoso; la scuola media inferiore costituisce il livello scolastico ideale per un approccio semplice e nel contempo esauriente. L'acquisizione dei concetti deve però seguire un metodo adatto all'età degli allievi, quindi un metodo caratterizzato da un continuo appoggio ai dati concreti.

### 2. Quale lavoro sperimentale?

Andando a leggere i testi di scienze per la scuola media, il dato che balza subito agli occhi è il seguente: la strada sperimentale di gran lunga più seguita per arrivare a dimostrare la "materialità" dello stato gassoso è quella della pesata. Si procede in genere con i normali palloncini di gomma: si pesa dapprima un palloncino sgonfio, poi lo si pesa gonfio e si constata che il peso è aumentato, l'aumento essendo quindi dovuto al peso dell'aria. Francamente è difficile concordare con questa impostazione: per avere un risultato effettivo, infatti, la pesata deve essere di alta precisione, e come ben sappiamo difficilmente le bilance in dotazione alle scuole medie possono arrivare oltre la precisione del grammo.

Il docente che al riguardo nutra dei dubbi può eseguire qualche semplice calcolo:

- Nella pesata eseguita non si valuta tutto il peso del gas, in quanto la spinta idrostatica ne neutralizza la maggior parte;

- Se, tanto per dare alcune cifre, pesiamo un palloncino del volume di 2 dm<sup>3</sup>, il peso registrato sarà pari al peso dell'aria contenuta nel palloncino diminuito del peso di un volume di aria pari a quello del palloncino stesso;

- Il risultato non è nullo in quanto l'aria nel palloncino è leggermente compressa. Possiamo valutare la pressione interna nel palloncino a 1.01 - 1.02 atm;

- Il peso valutato è quindi quello di 2 dm<sup>3</sup> di aria alla pressione massima (valore largamente approssimato per eccesso) di 0.02 atm; calcolando un peso molecolare medio di 30, si tratta all'incirca di 0.06 g.

Come mai l'esperienza dà spesso un risultato positivo? In molti casi può succedere che l'insegnante disponga le cose, magari anche inconsciamente, in modo da spostare i risultati a proprio vantaggio: basta, con una bilancia costruita artigianalmente, spostare anche minimamente il punto in cui il palloncino viene appeso. Se invece il palloncino viene gonfiato a bocca, e non nel modo corretto, con una pompa, un sensibile aumento di peso è dovuto alla condensazione, all'interno del palloncino, dell'umidità contenuta nell'aria espirata. In ogni caso non si vuole levare tutto il significato all'esperienza della pesata, ma solo ridurla a una posizione di sostanziale rafforzamento di altre esperienze fondate su principi differenti.

I principi che devono essere sfruttati sono quelli più decisamente sensoriali: l'aria si vede, l'aria può essere toccata, l'aria può essere travasata, l'aria può esercitare una spinta. Per conseguire risultati pienamente soddisfacenti dobbiamo però realizzare esperienze che, nello stesso tempo, a) forniscano i risultati richiesti, b) mettano in luce le cause che non ci permettono, nella norma, di vedere e di toccare i gas. Per questo è stata progettata una sequenza di esperienze, ognuna delle quali dovrebbe dare un parziale contributo per la costruzione del concetto complessivo.

### 3. La sequenza di esperienze

E' necessaria una premessa. L'autore è dell'opinione che, lavorando con allievi di 11 - 14 anni, sia preferibile avere un solo obiettivo specifico per ogni esperienza. D'altra parte non si può negare che la stessa esperienza possa essere indirizzata anche ver-

---

(\*) Dipartimento di Chimica e Chimica industriale - Università di Pisa, via Risorgimento, 35 56100 - Pisa

so altri obiettivi; sta all'insegnante valutare se evidenziarli, magari come rafforzamento. Un esempio per tutti: il fatto che l'aria occupi spazio, evidenziato nell'esperienza 3.5, può essere dedotto anche dall'esperienza 3.3, nella quale si punta l'attenzione sulla possibilità di travaso, e dall'esperienza 3.4, soprattutto quando si va a saggiare la comprimibilità.

### 3.1 L'aria si vede

Si comincia con l'esperienza forse più significativa. L'insegnante dispone di due siringhe senza ago, la prima piena d'acqua, la seconda semplicemente con lo stantuffo tirato indietro. L'acqua della prima siringa deve essere ben visibile, quindi è opportuno che sia presente anche un po' di aria. L'insegnante mostra le siringhe agli allievi e chiede che cosa contengono; per la prima la risposta è in genere unanime, mentre per la seconda si ha quasi sempre una maggioranza di allievi per i quali è vuota e una minoranza per i quali invece contiene aria. A questo punto si può stabilire che effettivamente la siringa contiene aria, ponendo però l'ulteriore domanda: "E' visibile l'aria contenuta nella siringa?" E la risposta non può che essere negativa.

A questo punto l'insegnante deve valutare le diverse possibilità. Sarebbe opportuno che ogni allievo procedesse per conto proprio, ma vi sono due problemi:

- Prima di tutto occorre che l'abilità manuale sia abbastanza ben sviluppata, soprattutto in termini di capacità di controllo dei movimenti fini;

- In secondo luogo, ogni allievo viene a disporre di una siringa piena d'acqua e di una bacinella pure piena d'acqua, per cui i rischi di degenerare in una gran confusione sono notevoli.

Diciamo quindi che l'esperienza per tutti può essere proposta a quelle classi i cui allievi hanno già una buona pratica di lavoro sperimentale e un solido autocontrollo; se questi prerequisiti non sono soddisfatti, è bene che l'esperienza sia eseguita dall'insegnante. Il procedimento più completo è il seguente:

- Primo passaggio. Si premono con molta lentezza e contemporaneamente gli stantuffi di entrambe le siringhe (l'acqua deve gocciolare). Domanda: Che cosa vediamo uscire dalle siringhe? Da notare che non si chiede che cosa esce, ma che cosa si vede uscire, e la risposta dovrebbe essere univoca: dalla siringa piena d'acqua si vedono uscire gocce d'acqua, dall'altra non si vede uscire nulla. Il problema della chiarezza lessicale non deve essere sottovalutato, in quanto allievi che abbiano già avuto informazioni al riguardo possono impuntarsi sulla risposta che dalla siringa piena d'aria

esce aria; l'insegnante deve quindi chiarire che la domanda non è relativa a quello che succede, ma a ciò che si vede effettivamente.

- Secondo passaggio. Si ripristina la situazione di partenza (una siringa con acqua, l'altra con aria) e si ripete la stessa operazione precedente, lavorando però sott'acqua (è opportuno disporre di una bacinella abbastanza profonda, che servirà anche per ulteriori esperienze). La domanda è la stessa, ma la situazione si è capovolta: dalla siringa piena d'acqua non si vede uscire nulla, mentre da quella piena d'aria si vedono uscire bollicine d'aria (fig. 1).

E' evidente che in questa esperienza si sfrut

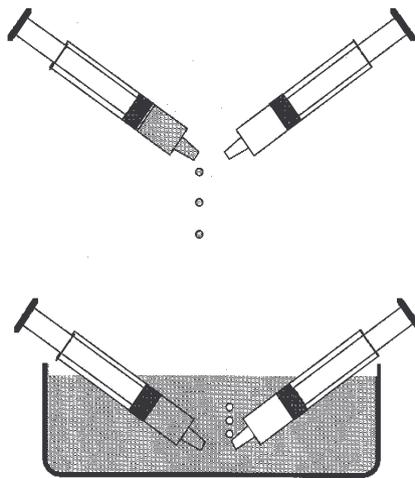


Fig. 1

ta il contrasto fra due situazioni diverse. E' innegabile che nella norma l'aria non si vede, ma abbiamo dimostrato che possiamo costruire una situazione nella quale l'aria diventa perfettamente visibile e, guarda caso, il materiale che costituisce il mezzo nel quale ci si muove (l'acqua) diventa invisibile. E' possibile proporre esperienze di rafforzamento di quest'ultimo concetto: possiamo ad esempio vedere che in ambiente acqua non si vede l'acqua che esce da una siringa ma si vede l'olio che esce da un'altra siringa, mentre in ambiente olio i dati dell'osservazione si invertono. Un rafforzamento invece riguardo alla visibilità dell'aria e dell'invisibilità dell'acqua in ambiente acqua può derivare dall'osservazione di alcune foto subacquee: se la realizzazione è buona, il tipo di fotografia è evidenziato esclusivamente dal tipo di paesaggio, con alghe e animali acquatici; se è presente un sub dotato di bombole, la scia di bollicine è perfettamente visibile.

### 3.2. L'aria può essere toccata

Il punto di partenza è rappresentato dalle due solite siringhe, una con acqua, l'altra con aria. Prima parte: a) si preme piano piano lo stantuffo della siringa piena d'acqua in modo che le gocce cadano sul palmo della mano libera (si avvertono le gocce d'acqua); b) stessa cosa con la siringa piena d'aria (non si avverte nulla). Seconda parte: come sopra ma lavorando sott'acqua; evidentemente la mano deve essere posizionata sopra la siringa. L'effetto è anche in questo caso capovolto: non si avverte nulla con la siringa piena d'acqua, mentre con l'altra si avvertono distintamente le bollicine d'aria.

### 3.3. L'aria può essere travasata

Viene sfruttato il solito gioco di contrasti. Si comincia con due bicchieri, dei quali uno pieno d'acqua; se si dispone di due beker da 250 ml (con beccuccio) il lavoro risulta molto agevolato. Si travasa l'acqua da un bicchiere all'altro, poi si osserva che, se entrambi i bicchieri sono "vuoti", non si può travasare nulla. Successivamente si procede allo stesso tipo di lavoro sott'acqua, con i bicchieri capovolti: è facile osservare che se entrambi i bicchieri sono "vuoti" (pieni di acqua) non si travasa nulla, mentre se un bicchiere è pieno d'aria, è proprio l'aria che può essere travasata, ovviamente dal basso verso l'alto.

Da notare che al capovolgimento degli effetti deve corrispondere anche il capovolgimento fisico dei bicchieri; è bene non sottovalutare questo fatto, che impone una buona abilità manuale nelle operazioni di travaso (fig. 2). Soprattutto per questa fase è opportuno disporre di beker dotati di beccuccio.

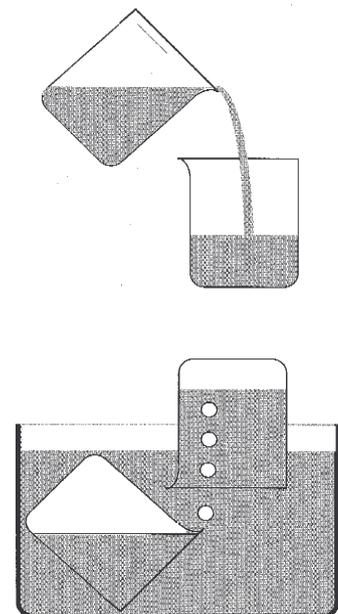


Fig. 2

### 3.4 L'aria esercita una spinta ed è comprimibile

Occorrono due siringhe collegate da un tubicino flessibile, lungo circa 20 cm e di diametro interno tale che in esso entri a forza il cono delle siringhe. Si predispongono l'apparecchiatura come indicato in fig. 3; in partenza uno stantuffo deve essere premuto, mentre l'altro deve essere posizionato circa a metà siringa.

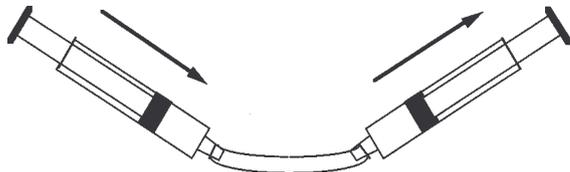


Fig. 3

a) Si preme lo stantuffo alzato lasciando l'altro libero: lo vedremo alzarsi immediatamente, sotto l'azione della spinta dell'aria che passa da una siringa all'altra.

b) Si preme nuovamente lo stantuffo alzato, tenendo però bloccato l'altro. Lo stantuffo premuto riesce a scorrere, almeno per un certo tratto; evidentemente si ha una diminuzione di volume dell'aria contenuta, che risulta quindi comprimibile.

c) Si lascia andare lo stantuffo premuto e si constata che esso ritorna, più o meno, nella posizione iniziale. Evidentemente la compressione subita dall'aria è reversibile.

d) Per terminare si può tirare ulteriormente lo stantuffo alzato, osservando un processo inverso a quello della compressione. Risulta quindi evidente che l'aria può essere compressa ed espansa; questa osservazione è, da un punto di vista sensoriale, molto più convincente della solita affermazione secondo la quale "l'aria non ha volume proprio", affermazione che molti allievi memorizzano semplicemente, senza comprenderne minimamente il significato.

L'esperienza può, per quanto riguarda le proprietà dei gas, dirsi conclusa; è però opportuno proseguire osservando qual è il comportamento di un liquido (l'acqua) sottoposto alle stesse operazioni. L'apparecchiatura è esattamente la stessa, anche se questa volta essa deve essere perfettamente riempita di acqua. Attenzione: la locuzione "perfettamente riempita" non è casuale: occorre che dalle siringhe e dal tubicino siano state allontanate tutte le bollicine di aria. Per gli allievi non è un procedimento semplice; si tratta di una di quelle operazioni assai utili per il conseguimento di una buona abilità manuale. Quanto all'insegnante, osserviamo che per l'eliminazione delle bolle è sufficiente collegare una delle siringhe col tubicino, aspirare un po' di acqua con

tutte e due le siringhe, quindi fare uscire un po' di acqua dalle siringhe tenute in posizione verticale, col cono (o col tubicino di collegamento) posizionato verso l'alto, e infine collegare al tubicino la seconda siringa. Ecco come si svolge l'esperienza.

a) Si preme lo stantuffo alzato lasciando l'altro libero: lo vedremo alzarsi immediatamente, sotto l'azione della spinta dell'acqua che passa da una siringa all'altra.

b) Si preme nuovamente lo stantuffo alzato, tenendo però bloccato l'altro: lo stantuffo premuto non riesce a scorrere. Evidentemente non si ha una diminuzione di volume dell'acqua contenuta, che risulta quindi incomprimibile.

c) Si può tirare lo stantuffo alzato: si riesce a sollevarlo, ma si osserva anche che si forma una zona vuota fra lo stantuffo e la superficie dell'acqua. Anche per una diminuzione di pressione il volume dell'acqua resta lo stesso.

Con questa seconda parte dell'esperienza si riescono a identificare somiglianze e differenze fra liquidi e gas. Entrambi possono essere trasferiti da un contenitore all'altro, ma mentre un gas risulta essere comprimibile ed espandibile, un liquido non può essere né compresso, né espanso.

### 3.5 L'aria occupa spazio

Questa esperienza può essere realizzata in due livelli distinti: il primo è di tipo puramente osservativo, per il secondo si possono tentare delle misurazioni. Vediamo in dettaglio.

a) Pura osservazione. Occorre un barattolo con tappo ermetico (tipo conserve alimentari); il tappo deve essere forato in due punti. Attraverso i due fori si fanno passare due tubicini di plastica flessibili e si provvede poi a sigillare il tutto; uno dei tubicini (1) resta libero, nell'altro (2) deve essere infilato a forza un imbuto con gambo fine, tipo imbuto da profumiere (fig. 4). A questo punto l'esperienza è molto semplice: si versa acqua nell'imbuto e si osserva che essa entra nel barattolo solo se il tubicino di plastica 1 è aperto; se è tappato, l'acqua non riesce a entrare. Quando l'acqua entra, l'aria esce dal barattolo attraverso il tubicino 1; l'uscita dell'aria può essere evidenziata dirigendo il soffio verso la fiamma di una can-

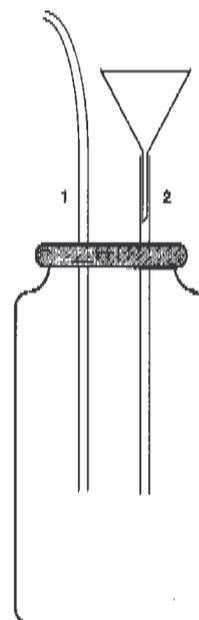


Fig. 4

dela, che si piega.

b) Misurazione. Occorre realizzare un bagno idropneumatico, come in fig. 5; il contenitore capovolto deve ovviamente essere pieno d'acqua.

Il livello dell'acqua nella bacinella, che deve essere piuttosto stretta (consigliabile 15x20 cm), deve essere registrato all'inizio dell'esperienza; il recipiente di raccolta del gas, piuttosto grosso, deve essere in posizione fissa, in modo che non subisca spostamenti che potrebbero alterare il livello dell'acqua.

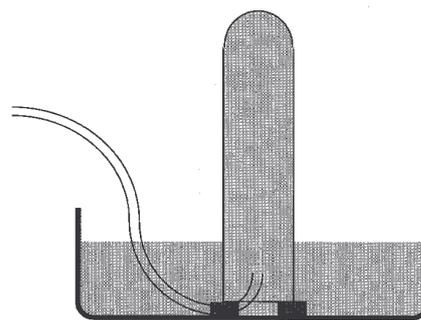


Fig. 5

Da un punto di vista concettuale l'esperienza è assai semplice:

- si introduce un certo quantitativo di gas nel recipiente di raccolta;
- si misura la variazione del volume dell'acqua nella bacinella (attraverso la misurazione del livello prima e dopo l'introdu-

zione del gas);

- si misura il volume del gas introdotto nel recipiente.

Le difficoltà sperimentali non devono essere sottovalutate. L'introduzione del gas nel recipiente di raccolta è semplicissima: basta soffiare nel tubo. Successivamente deve essere registrato il livello raggiunto dall'acqua sia nel recipiente di raccolta del gas, sia nella bacinella; a questo punto occorre procedere alla misurazione dei volumi. La misurazione dell'acqua spostata è abbastanza complessa: occorre, mantenendo il recipiente di raccolta del gas nella stessa posizione che aveva durante l'esperienza, ripristinare il livello iniziale nella bacinella versando l'acqua in più in un recipiente graduato. Per il volume del gas basta invece vuotare il recipiente di raccolta e, con un recipiente graduato, aggiungere acqua fino al segno praticato; Entrambe le operazioni richiedono una buona capacità di uso del recipiente graduato. I due volumi così misurati dovrebbero essere uguali; non dobbiamo però aspettarci una concordanza perfetta, vista la sensibilità del volume rispetto ai parametri geometrici (basta un piccolo errore sui livelli per produrre un errore sensibile sul volume).

#### 4. Conclusioni

Il lavoro descritto è stato proposto in alcune scuole medie, e ha suscitato un notevole interesse negli allievi, fra l'altro molto gratificati dal fatto di poter lavorare con l'acqua; come già accennato, i principali problemi derivano dalla necessità di mantenere uno stretto controllo del comportamento. I tempi per la realizzazione sono necessariamente piuttosto lunghi: al riguardo è il caso di notare come non sia assolutamente il caso di mettersi a correre. Personalmente ho più volte osservato come alcuni insegnanti confondano la necessità di concentrare l'attenzione su ciò che si sta facendo, evitando le perdite di tempo, con la necessità di fare alla svelta: il problema è che l'obiettivo da perseguire non è il compimento dell'esperienza, ma la sua comprensione, e gli allievi hanno generalmente bisogno di tempi non brevissimi, anche se lavorano con impegno. Visto il gran numero di prove sperimentali, l'insegnante che vuole realizzarle tutte e non ha il necessario tempo a disposizione può ripartire i compiti nella classe; in questo modo gli allievi avranno una dimostrazione pratica di come

il lavoro scientifico sia spesso un lavoro collettivo, nel quale ognuno utilizza anche i risultati ottenuti dagli altri.

Come è stato più volte notato, esperienze di questo tipo non devono essere strettamente collegate a un determinato livello scolastico: appare infatti evidente che, con le dovute modificazioni, il lavoro può essere proposto sia nelle ultime classi della scuola elementare, sia (magari come azione di rinforzo e recupero) nel biennio della secondaria.

#### Bibliografia

- 1) P. Riani - La materialità dei gas: un approccio sperimentale - Scuola e didattica, 36, fascicolo 15, pag. 40 (1991).
- 2) P. Riani - Gli stati fisici della materia: problemi relativi alla didattica a livello dell'istruzione obbligatoria. CnS 18, 85 (1996).
- 3) Un utile strumento di lavoro per l'insegnante, molto adatto anche alla scuola media nonostante il titolo, è il volume "La chimica alle elementari", a cura di R. Andreoli, F. Carasso Mozzi, L. Contaldi, S. Doronzo, P. Fetto, P. Riani - Giunti Lisciani, Firenze 1996.

LETTERE

#### L'anarchia denunciata nell'attuazione dei bienni dei "licei tecnici"..... cerca continuità nei trienni della Direzione Tecnica

Cari colleghi,  
prima delle ferie volevo informarvi di una proposta avanzata, su invito della Dir. Tecnica, da alcuni Presidi delle scuole che hanno sperimentato i cosiddetti bienni dei "Licei Tecnici", da me esaminati criticamente in un recente articolo su CnS ( n.2/98, p.52 ). Come si dice, al peggio non c'è mai fine ... ed ecco che, nella situazione di stallo in cui ormai è confinata ogni iniziativa di riforma della scuola, da tempo relegata fra le "varie ed eventuali", si tenta di dar corpo a dei trienni " coerenti" con i precedenti bienni già esaminati. La proposta della Dir. Tecnica ha titolo " Ipotesi di profilo curricolare per il triennio del Progetto Autonomia degli Ist. Tecnici" (art. 21 Legge n.59/97; c.m. 765/97).

Brevemente: dopo una Premessa dalle belle e luminose intenzioni, riallacciandosi alla esperienza in corso nei bienni ( senza far cenno alle GRAVI DIFFICOLTA' denunciate e GROSSE PERPLESSITA' avanzate dalle scuole sperimentali, ..facendo finta che tutto sia filato liscio..), si passa all'ipotesi di articolazione del curricolo senza alcun riferimento all'esigenza primaria di un nuovo modo di far scuola, facendo ricorso alle solite ambiguità, furberie di falso modernismo e inconsistenze culturali che hanno caratterizzato in questi anni quasi tutte le sperimentazioni assistite.

E' essenziale però che ci soffermiamo su due punti di questa squallida proposta:

a) il punto (8) del "Quadro generale di riferimento" pone l'esigenza di "...sviluppare in forme nuove il rapporto fra la dimensione scientifica e quella tecnologico-tecnica che in un moderno sistema di istruzione tecnica tendono a costituire un unico ambito culturale". Affermazione che, pur priva di precisazioni, risulta condivisibile... peccato **che non sia affatto sostenuta da una coerente ipotesi di articolazione curricolare**  
b) nell'ipotesi di articolazione curricolare che riguarda 5 tipi di indirizzi ( Ind. Produzioni biologiche e risorse naturali, Ind. Tecn. per l'industria e il terziario avanzato, Ind. Edile territoriale, Ind. Economico, Ind. per la salute e per l'ambiente) la cosiddetta

AREA SCIENTIFICA comprende la **sola matematica, non esistono le scienze sperimentali (!!!)** e nell'area TECNOLOGICA E TECNICA rientrano non meglio identificate discipline tecnologiche e tecniche. Ora di due una: o le scienze sperimentali vengono fatte rientrare nell'area Tecnica e Tecnica, ma sembrerebbe una totale assurdità, **oppure ...sono state eliminate dalla formazione di base dei ..Trienni degli Indirizzi Tecnici: nemmeno la riforma Gentile era riuscita a tanto!!!**

#### PROPOSTE

Poiché non sappiamo purtroppo, ancora una volta, che fine farà la proposta di riforma della scuola, bloccata dai soliti veti incrociati che non si riesce a superare (dov'è finita una delle priorità che si era dato il Governo?), non possiamo sottovalutare che piantino le loro radici nel Paese sperimentazioni di questo tipo e allora:

a) occorre vigilare, tenersi informati e denunciare in tutti i modi possibili lo squallore di simili proposte;

b) suggerisco che il Direttivo della DDC/SCI presenti al Ministro una vibrata protesta solo per il fatto che vengano messe in circolazione proposte sperimentali scandalose da un punto di vista culturale ed

Continua a pag.132

---

# GIOCHI DELLA CHIMICA

---

## OLIMPIADI DELLA CHIMICA 1998

<b>EVANGELISTA Francesco</b>	<b>ITIS "E. MATTEI"</b>	<b>Vasto (CH)</b>	<b>ARGENTO</b>
<b>BARONI Simone</b>	<b>ITI "NATTA"</b>	<b>Bergamo</b>	<b>BRONZO</b>
<b>TARABORRELLI Domenico</b>	<b>ITIS "E. MATTEI"</b>	<b>Vasto (CH)</b>	<b>BRONZO</b>
<b>TRIPPOLINI Alessio</b>	<b>ITIS "A. VOLTA"</b>	<b>Perugia</b>	<b>DIPLOMA DI MERITO</b>

La squadra di studenti che ha rappresentato l'Italia alle Olimpiadi della Chimica 1998 è appena tornata da Melbourne con un bottino di tre medaglie (una d'argento e due di bronzo), un Diploma di Merito e una pepita d'oro!

Infatti Francesco Evangelista dell'ITIS-Mattei di Vasto ha meritato una medaglia d'argento, Simone Baroni dell'ITI-Natta di Bergamo e Domenico Taraborrelli dell'ITIS "Mattei" di Vasto hanno meritato una medaglia di bronzo ciascuno e Alessio Trippolini ha meritato il Diploma di Merito.

Simone Baroni ha mancato per un solo punto la medaglia d'argento ma nella gita riservata agli studenti, all'antica miniera d'oro di Ballaratti, ha trovato una pepita d'oro dal peso di 6-7 grammi setacciando la ghiaia di un ruscelletto che attraversava la miniera.

Il sottoscritto in qualità di responsabile della squadra ha ricevuto per conto degli studenti, i complimenti della Commissione giudicatrice, sia per la Chimica Organica che per il Laboratorio. E' perciò contento del risultato che inverte la tendenza al ribasso che l'anno scorso sembrava profilarsi all'orizzonte. L'ospitalità australiana è stata di altissimo livello e l'organizzazione scientifica e logistica perfetta. L'articolo che tradizionalmente viene inviato a Catalyzer, la rivista edita durante le Olimpiadi ne è testimonianza.

Resta però sempre irrisolto l'antico problema dei testi per gli esami che vengono dati in inglese e che gli accompagnatori devono tradurre e battere nella lingua della propria nazione durante la notte. Infatti essi vengono sempre concordati all'una di notte e consegnati alle due. Così i docenti trascorrono due notti al computer a tradurre e a battere

almeno 22 pagine di testo, una per la prova pratica e l'altro per la teorica. E non si tratta di traduzione semplice, dato che dalla comprensione del testo può dipendere il risultato delle prove. Bisogna quindi bere caffè e cercare di non farsi sfuggire semplificazioni non possibili che portano ad errore.

A parte queste fatiche i mentor hanno avuto modo di apprezzare l'Australia e di godersi le cose belle.

Le fatiche del viaggio (27 ore di volo, più un ritorno alla base della durata di un'ora per motivi tecnici) sono state ripagate dal piacere di avere a che fare con quattro giovani entusiasti di apprendere e di propagandare l'amore per la Chimica. Tali erano i partecipanti di quest'anno, tutti motivati e decisi a vincere.

Lo stesso Alessio Trippolini che alla selezione Nazionale era risultato il primo avrebbe meritato di più, ma è certamente stato sopraffatto dalle fatiche del viaggio più che dall'emozione.

Francesco Evangelista frequenta il IV° anno e quindi per l'anno prossimo dovrebbe rappresentare una sicurezza. Ma io conto anche su altri, (ad esempio su Antonio Filpi, siciliano, che questa volta abbiamo dovuto escludere dalla selezione) ma soprattutto su una più ampia collaborazione da parte degli insegnanti dei Licei e degli Istituti Tecnici.

A loro chiedo innanzitutto di richiedere almeno ai loro migliori studenti l'uso corretto delle cifre significative!

E' infatti ormai chiaro che la lezione che si fa a Pavia su questo argomento non è sufficiente a convincere chi non è stato abituato ad un loro uso corretto. Anche quest'anno uno dei nostri ragazzi ha pagato un punto per non aver espresso correttamente il ri-

sultato di una titolazione!

Invece i ragazzi mostrano di apprendere subito argomenti e concetti che in precedenza non hanno mai appreso in modo errato. Si vedano gli esercizi di Organica per averne prova!

Colgo perciò l'occasione per rivolgere un elogio ai più o meno giovani docenti di Pavia: Paolo Ghigna, Angelo Taglietti, Giuseppe Faita e Cristina Sinelli per aver centrato la preparazione e per essere riusciti in pochi giorni a sintetizzare e fornire gli strumenti utili per affrontare brillantemente le prove Olimpiche che altri partecipanti (ormai è chiaro) si preparano per tempo ad affrontare.

Alcuni dei nostri partecipanti hanno infatti appreso che altre Nazioni hanno già selezionato i candidati della prossima Olimpiade e li allenano forse fuori delle regole.

Noi siamo contrari a questo modo di fare. Gli allenamenti sono per regolamento permessi per un massimo di 10 giorni e intendiamo essere rispettosi delle leggi. Stiamo però studiando un modo per fornire ausili didattici a tutti coloro che li chiedono anche durante l'anno: allievi e/o docenti.

Vorremmo collegarci per via Internet con tutti coloro che intendono studiare e approfondire la Chimica nei suoi vari aspetti. Pensiamo perciò di aprire un indirizzo al quale ci si possa rivolgere per richiedere indicazioni: titoli di testi e fonti varie di informazione o aiuto per la soluzione di problemi di Chimica.

Nelle varie sedi regionali si potrebbe invece individuare qualche Collega di buona volontà che istruisca gli studenti liceali nella pratica. Sono convinto infatti che molti ragazzi liceali potrebbero ben figurare se imparassero "per tempo" un po' di procedure di laboratorio: titolazioni e determinazioni

quali-quantitative Inorganiche e Organiche. I liceali sono meno esposti ad errori di distrazione e a volte sono molto motivati e ben preparati!

Si può contare sulla collaborazione dei Collegi universitari dell'Università più vicina al Liceo del ragazzo che ben promette? Mi piacerebbe avere il parere delle diverse Sezioni della S.C.I.! Sicuramente è un peccato non sfruttare in pieno le possibilità dei nostri ragazzi liceali per contare soprattutto sugli studenti degli ITIS.

A Settembre mi piacerebbe ricevere suggerimenti da chi ha a cuore il futuro delle nostre Olimpiadi.

Termino questa mia succinta cronaca ringraziando tutti coloro che ne hanno permesso la realizzazione: i Professori S. Gori, D. Arnoldi, C. Cappellini, L. Piazza, P. Allevi e gli allenatori di Pavia già citati. Gli Sponsor: le Società PROCOS, BRACCO, GIBERTINI, PERKIN-ELMER e la casa editrice PICCIN che hanno permesso di premiare non solo tutti i vincitori. Il Retto-

re del Collegio Borromeo che ospita in un'atmosfera ideale i ragazzi, il Direttore del Dipartimento di Chimica dell'Università di Pavia, il Prof. Rigamonti e la Professoressa Vita-Finzi Prorettore della stessa Università.

Naturalmente i migliori ringraziamenti vanno agli studenti partecipanti e ai loro insegnanti che li hanno motivati a partecipare.

**Mario Anastasia**

**UNO SGUARDO  
DALLA CATTEDRA**



### Ma le discipline esistono davvero?

Ogni insegnante si è formato all'insegna di una disciplina, con essa si identifica ed anche se è competente di altre cose e non vive avulso dalla complessità di questo mondo, il suo linguaggio e il suo modo di essere è fortemente segnato dalla formazione di base. Ma c'è di più, un insegnante è affettivamente legato alla "sua disciplina", essa rappresenta quel particolare mondo all'interno del quale egli si muove con disinvoltura e, talvolta forse illudendosi, con autorità.

La disciplina, la "sua disciplina", è una sorta di casa culturale dove egli trova rifugio e riparo dai mille dubbi su di un mondo che appare tanto più misterioso quanto più avanza la ricerca. Un effetto placebo colossale, per lui assolutamente indispensabile dal momento che egli deve in teoria insegnare a saper dubitare ma anche ad accettare come certezze alcune acquisizioni della scienza. Insomma, a questi poveri esseri in balia dei marasmi della adolescenza vogliamo dare qualche punto di riferimento?

Le certezze "più certe" che un insegnante riesce a dare sono appunto quelle che scaturiscono dalla sua disciplina, sorgente di una visione del mondo, fonte di un reddito modesto ma dignitoso, fondamento della propria personalità professionale.

In altre parole l'insegnante vive un processo di immedesimazione che lo porta talvolta persino a comunicare con difficoltà con i colleghi di altre discipline. Non c'è quindi da stupire se vive con angoscia ogni attacco, sottovalutazione o disconoscimento di questo totem della sua esistenza, tanto più che questi eventi possono coincidere con il passaggio dell'insegnante stesso nelle graduatorie dei soprannumerari.

Tuttavia gli insegnanti di chimica, anche sotto questo profilo, costituiscono un caso a se stante.

Intanto bisogna considerare che in Italia la maggioranza degli insegnanti di chimica si "identificano emotivamente" con altre discipline quali la biologia, le scienze naturali, la fisica e, dopo le acrobatiche invenzioni ministeriali degli ultimi tempi, persino con l'odontotecnica o l'architettura. Inoltre i chimici propriamente detti, specie in via di estinzione, hanno un carattere così improntato alla ritrosia, alla riservatezza, alla fobia politico-sindacale che nemmeno per amore della loro disciplina riescono a mobilitarsi. Al massimo lanciano qualche lamento, quando vedono diminuire pericolosamente i loro posti di lavoro, o tentano senza successo di far nascere qualche piccolo cobas.

Non parliamo dei docenti universitari che sembrano nella loro grande maggioranza as-

solutamente insensibili a tutto ciò che esula dalla loro carriera, soprattutto si ostinano a rinchiudersi in una cultura elitaria, senza considerare che ogni tipo di cultura senza una diffusa base popolare ha fondamenta estremamente fragili. La realtà è che essi non riflettono quasi mai in chiave storica ed epistemologica ed hanno della propria disciplina una visione prevalentemente tecnicistica.

Infatti gli altri hanno di noi una visione soprattutto applicativa, si parla di tecniche chimiche e pratica di laboratorio, si afferma che i chimici non sono nati per insegnare, cioè per fare cultura, oppure peggio ancora ci guardano con sospetto accusandoci, quando proprio non sanno che cosa altro dire, di essere riduzionisti. Come riportato nell'editoriale di questo numero, nelle alte sfere qualcuno raccomanda di lasciare perdere una materia così "nozionistica" come la chimica, inoltre, con accenti di sapore religioso, di limitarsi a fare quegli elementi di chimica che servono ad introdurre le tematiche sulla vita e sull'ambiente!

Ciò nonostante i chimici vogliono vivere in pace, sembrano non percepire questo clima sfavorevole e scelgono la tecnica dello struzzo: poiché CnS porta loro l'eco di queste polemiche, qualcuno di loro ha pensato bene di non rinnovare l'abbonamento e quindi di evitare di essere disturbato emotivamente, tanto più che in questo modo si risparmiano ben settantamila lire all'anno.

A parte queste vicende di ordinaria povertà mentale esistono sotto il profilo didattico e culturale alcuni problemi seri.

Un esempio è il dilagare di quei saperi che un tempo non erano ritenuti adatti a conferire una solida formazione di base quale l'economia, le scienze del territorio, le scienze dell'alimentazione etc., discipline che finirebbero per introdurre nella scuola una pluralità di informazioni, avulse da qualsiasi quadro teorico; in questo modo priviamo i nostri poveri immaturi, già tanto frastornati da una valanga di caotica di

messaggi, di possibili strumenti di ragionamento; a fronte della proposta di introdurre lezioni anche sulla circolazione stradale (quasi che il tempo-scuola fosse un contenitore illimitato), ho avuto un moto di ribellione e ho cominciato a sostenere la necessità di introdurre lo studio del latino in tutti i tipi di scuole.

Lo confesso, nonostante che sono un chimico, ho molta più fiducia nel latino che nella circolazione stradale!

Esiste poi il problema che le discipline si sono moltiplicate, hanno figliato come conigli (d'altro canto a disciplina nuova corrispondono nuove cattedre e nuovi finanziamenti), sono divenute sempre più specialistiche e nel contempo ognuna di queste si è dilatata oltre misura, i saperi hanno assunto caratteri di vastità e di complessità tali da sgomentare. Da questo punto di vista le cose che si insegnano attualmente di chimica, rischiano di apparire poco più che dei frammenti archeologici.

Ultimo problema ma non meno importante

la ricerca transita da un ambito disciplinare a quell'altro con grande disinvoltura ed anche le competenze dei ricercatori si fanno sempre più trasversali; basti pensare che i premi Nobel per la chimica nel 1997 sono stati attribuiti a tre ricercatori per lavori sull'ATP cioè lavori di biochimica (o forse di biologia molecolare?) e che uno dei premiati, cioè E. Walker, lavora in un centro di ricerca medico.

Il problema di articolare l'insegnamento su alcune discipline di base veramente formative, senza scatenare arcaiche guerre di religione tra area umanistica ed area scientifica, è divenuto molto serio. La scuola è un contenitore limitato, bisogna riflettere sulla *possibile equivalenza formativa di curricula di tipo diverso*, da scegliersi in base agli orientamenti personali e non inventare delle ipotetiche "materie complementari" che poi, guarda caso, si scopre essere le discipline scientifiche.

Mentre gli apparati ministeriali combinano tutti questi guai, senza denunciarne le

vere ragioni di fondo cioè la salvaguardia di certi centri di potere, i presidi si esibiscono in alcuni pezzi di bravura: come è già stato illustrato su questa rivista, hanno organizzato un convegno a Desenzano sull'autonomia della scuola e sul ruolo delle discipline, ma, guarda caso, si è trovato solo il tempo di parlare di autonomia e si è rimandato a tempi migliori la discussione sulle discipline; a Pisa si è avuta una giornata di studio, prosecuzione del convegno di Desenzano, e si è discusso dell'autonomia ma non del ruolo delle discipline. Sembra che una analoga iniziativa a Roma abbia subito la stessa sorte, pedagogisti, epistemologi e presidi imperversano ma delle povere discipline nessuno se ne vuole occupare.

Penso che, almeno per la chimica, siamo all'emergenza e molti chimici che insegnano hanno metaforicamente messo gli amati libri nella borsa pronti a partire....magari per la pensione.

**Ermanno Niccoli**



*Segue da pag.129*

educativo;

c) occorre soprattutto pretendere un impegno dal MPI : che qualsiasi sia la futura linea con cui la scuola verrà "trasformata"(?) **ci si impegni a garantire che la formazione di base di un qualsiasi cittadino non potrà fare a meno delle scienze sperimentali e quindi di una formazione chimica** ( si è fatta una battaglia nazionale per la storia, un'altra per Firenze, la Geografia, perché non deve prendersi un impe-

gno preciso anche per le scienze sperimentali?). In condizioni in cui l'autonomia viene interpretata *anche* come possibilità di costruirsi un curriculum su misura,...con le discipline che si vuole ( o che più sono richieste dai potenziali "utenti-clienti") l'impegno che sancisca **la necessità che le scienze facciano parte del curriculum di base obbligatorio per tutti appare assolutamente prioritario.**

**Fabio Olmi**

**CORSO  
DI  
AGGIORNAMENTO**

# Conferenza Nazionale sull'Insegnamento della Chimica

**Bologna 16 - 18 Dicembre 1998**

*Programma (di massima)*

***Aula Absidale di Santa Lucia***  
via Castiglione n° 36

## **MERCOLEDI' 16**

[Pomeriggio: sulla scuola secondaria]

**15.00**

**LUIGI CERRUTI**

Presidente della Divisione di Didattica Chimica della SCI

Saluti, Introduzione ai lavori:  
scopo della Conferenza

### ***I Sessione***

*La chimica nella nuova scuola secondaria*

**15.15-15.45**

#### **Relazione 1**

**ERMANNIO NICCOLI**

Vicepresidente della Divisione di Didattica della SCI

*La riforma della scuola secondaria*

**15.45-16.15** Interventi

Discussione

**16.45-17.00**

Coffee break

**17.00-17.30**

#### **Relazione 2**

**EUGENIO TORRACCA**

Università Roma 3 - ROMA

*L'autonomia scolastica nella scuola secondaria*

**17.30-18.00** Interventi

Discussione

***Accademia delle Scienze***

via Zamboni n° 31

## **GIOVEDI' 17**

[Mattino: sull'Università]

### **II Sessione**

*L'insegnamento della chimica all'Università*

**9.00- 9.30**

#### **Relazione 3**

**SANDRO TORRONI**

Università di Bologna - Bologna

*La chimica nell'Università: lo stato dell'arte*

**9.30-9.45**

ALDO BORSESE

Università di Genova - GENOVA

Intervento: *La ricerca in didattica delle scienze*

**10.00-10.30** Interventi

Discussione

**11.00 -11.15**

Coffee break

**11.15-11.45**

**Relazione 4**

MARCO TADDIA

Università di Bologna - GENOVA

*Le scuole di specializzazione e la professione di chimico*

**11.45-12.15** Interventi

Discussione

**GIOVEDI' 17**

[Pomeriggio: sulla scuola secondaria e l'Università]

**III Sessione**

*La scuola di specializzazione per insegnanti*

**15.00-15.30**

**Relazione 5**

GIACOMO COSTA

Università di Trieste - TRIESTE

*Le scuole di specializzazione per insegnanti: lo stato dell'arte*

**15.30-16.00**

ALDO BORSESE

Università di Genova - GENOVA

Intervento *La ricerca in didattica e le scuole di specializzazione*

LUIGI CERRUTI

Università di Torino - TORINO

*Epistemologia e storia e delle scienze nelle scuole di specializzazione*

Discussione

**16.30-16.45**

Coffee break

**IV Sessione**

*L'insegnamento della chimica come questione della competenza dei docenti*

**16.45-17.15**

**Relazione 6**

LIVIA MASCITELLI

I.P.S.I.A. "T. Minniti" Guidonia -ROMA

*Insegnanti a perdere: le difficoltà nella scuola secondaria*

**17.15-18.00** Interventi

Discussione

**VENERDI' 18**

[Mattino: sull'Università]

**V sessione**

*L'Università: problemi e prospettive*

**9.00-9.30**

**Relazione 7**

SVEVA AVVEDUTO

Istituto di Studi sulla Ricerca e sulla Documentazione Scientifica - ISRDS - ROMA

*L'istruzione terziaria in Europa*

**9.30.-10.00**

**Relazione 8**

GIANFRANCO SCORRANO

Università di Padova - Padova

*La chimica nell'Università: una questione di efficienza*

Discussione

**10.45-11.00**

Coffee break

**11.00-11.30**

**Relazione 9**

PAOLO EDGARDO TODESCO

Università di Bologna - Bologna

*Le prospettive dell'autonomia universitaria*

**11-30-12.00** Interventi

**12.00-12.30** Discussione

**12.30**

**Conclusioni**

TIZIANO PERA

ITI "Cobianchi" Verbania - VERBANIA

## VENERDI' 18

[Pomeriggio: CnS, Fabbri ed assemblea annuale]

**15.00-16.00**

*La figura di Gianfranco Fabbri e i 20 anni di CnS*

**LUCA BENEDETTI**

Università di Modena - MODENA

**PAOLO MIRONE**

Direttore di CnS - La Chimica nella Scuola

Università di Modena - MODENA

**16.00-16.45**

*Assemblea annuale della Divisione di Didattica*

Comunicazioni del Presidente, del Tesoriere, dei membri del Direttivo responsabili di settori di lavoro

**16.45-18.00** Discussione

**18.00** Chiusura

### Per informazioni:

Pasquale Fetto. Dip. di Chimica " G.Ciamician" via Selmi 2  
40126 BOLOGNA

Tel. 051-259521 fax 051- 259456

E-mail fpcns@ciam.unibo.it

## La Conferenza Nazionale sull'insegnamento della chimica

**ha validità di corso di aggiornamento** come deliberato nella seduta del 10 settembre 1998 dal Consiglio del Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"

Università di Bologna

(Direttiva Ministeriale n. 305 del 01.07.1996,

integrata dalla Direttiva Ministeriale n. 156 del 26.03.1998)

### Quote di iscrizione:

Soci Insegnanti           £. 60.000\*

Soci Universitari       £ 180.000\*

Le quote sono comprensive degli atti della Conferenza

\*Le quote scendono a £.40.000 e 160.000 se si desiderano gli atti su supporto magnetico.

Per i non Soci oltre alle quote sopra indicate va aggiunta la quota di £. 40.000 che darà diritto alla associazione alla Divisione di Didattica Chimica della Società Chimica Italiana e al ricevimento della rivista *CnS-La chimica nella Scuola* per l'anno 1999.

### Versamento delle quote:

**Assegno circolare** intestato a Fetto Pasquale e spedito alla segreteria della conferenza.

oppure: **bonifico bancario** sul c/c n°171097 intestato alla Divisione di Didattica presso la Deutsche Bank. Agenzia 585, Corso Trieste 122 Roma coordinate bancarie Q/03104/03204

# .....

## Conferenza Nazionale sull'Insegnamento della Chimica

*Bologna 16 - 18 dicembre 1998*

### SCHEMA DI ISCRIZIONE

Inviare entro il  
20 novembre 1998

La presente scheda di iscrizione debitamente compilata in ogni sua parte deve essere inviata a:

Fetto Pasquale, segreteria della Conferenza

Dipartimento di chimica "G. Ciamician"

Università di Bologna

via Selmi, 2 - 40126 BOLOGNA

Cognome.....

Nome.....

Qualifica.....

Ente di appartenenza.....

Indirizzo.....Cap.....Città.....Prov.....

data..... firma.....

**SOCIO**

**si [ ] no [ ]**



## 15<sup>a</sup> BCCE

**WATERLOO 9-13 AGOSTO 1998.**

La 15th Biennial Conference on Chemical Education si è svolta a Waterloo (Canada), organizzata dal Dipartimento di Chimica di quella Università. Al convegno hanno partecipato 1451 insegnanti provenienti da 17 paesi diversi.

Il convegno era articolato in 6 conferenze plenarie, 12 conferenze speciali, 50 simposi comprendenti circa 400 contributi, numerosi incontri denominati birds of a feather groups e 4 sessioni poster con circa 200 contributi nonché numerose dimostrazioni chimiche. Erano inoltre disponibili 70 workshops a numero chiuso di partecipanti, per accedere ai quali era necessario pagare una somma a parte, oltre alla quota di iscrizione al congresso. Martedì 11 dopo cena, c'è stata la festa (pizza party) del 75° anniversario del Journal of Chemical Education, presente lo staff editoriale al completo, formato da molti giovani ed una torta a quattro piani raffigurante il sistema periodico degli elementi, così grande che non è stato possibile trovare un tavolo capace di sostenerne il peso. Consumare una

così grande quantità di glucidi era un compito arduo che le persone intervenute alla festa purtroppo non sono state in grado di assolvere.

Molto interessanti le conferenze plenarie, anche perché tenute da specialisti di diversi settori; merita un cenno la conferenza dal titolo "Preparing for the 21st Century Classroom", tenuta da B. Bracey, direttore didattico del progetto McGuffey ed unico insegnante scelto dal Presidente Clinton a far parte del NIIAC (National Information Infrastructure Advisory Committee). In sostanza, perché convinti dell'importanza della preparazione scolastica, sia per migliorare le possibilità di riuscita personale che per l'economia, si cercano nuove vie e nuovi strumenti per motivare gli studenti verso l'istruzione. Il docente è visto come lo specialista dell'educazione, e la scuola, aperta 24 ore al giorno, come un centro per apprendere; il computer, con programmi adatti è il mezzo importante (ma non unico) per motivare gli studenti ad imparare. Verrebbe da dire che noi, con i nostri (in parte falsi) problemi tra scuola pubblica e privata, certe innovazioni non riusciamo neanche ad immaginarle (però di soldi nei vari progetti, ne spendiamo moltissimi): se così fosse, nella nostra scuola dobbiamo aspettarci il peggio.

A questo congresso erano presenti molti degli autori di articoli importanti di didattica di cui possiamo leggere nelle riviste più prestigiose. Per me il congresso è stato di grande interesse sia per i temi trattati e sia per la possibilità di incontrare di persona

molti dei maggiori tra quanti sono impegnati nelle ricerche in didattica. Purtroppo era impossibile partecipare a tutto quanto poteva essere di interesse, così era necessario la sera precedente organizzare la giornata seguente, con un occhio al libro degli abstract e un altro alla pianta del campus, per mettere in accordo gli orari delle comunicazioni con le distanze dagli edifici. Evidentemente, per l'enorme numero dei partecipanti e per le molte comunicazioni, erano necessarie moltissime sale nello stesso tempo.

Non è un processo scientificamente corretto correlare il numero dei partecipanti di un certo paese ai convegni scientifici sulla didattica con la considerazione e l'interesse che in quel paese la didattica suscita. Evidentemente, anche per motivi geografici, il numero maggiore dei congressisti era canadese o degli stati uniti; forse non è soltanto per motivi geografici che più di 1000 partecipanti provenivano dagli Stati Uniti.

La 16<sup>a</sup> BCCE sarà organizzata dal Dipartimento di Chimica dell'Università del Michigan, dal 30 luglio al 3 agosto 2000. **Per informazioni:**

Prof. Seyhan N. Ege (General Chair)

Email: snege@umich.edu

Prof. Brian P. Coppola (Program Chair)

Email: bcoppols@umich.edu

Chemistry Department, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109 - 1055

Fax: (734) 647 - 4865

Sito web: <http://www.umich.edu/bcce/>

**Liberato Cardellini**