

## Per un insegnamento formativo della Chimica

### **Isp. Giuseppe Valitutti**

Ufficio Scolastico Regionale delle Marche - Ancona 60100  
Facoltà di Scienze della Formazione Primaria - Università di Urbino

### **Prof. Alfredo Tifi**

Istituto Professionale "Ivo Pannaggi", Macerata, 62100

### **Prof. Romualdo Caputo**

Dipartimento di Chimica Organica - Università di Napoli

Per un lungo periodo, in Italia, l'insegnamento della chimica ha avuto semplice carattere informativo. L'insegnamento scientifico, per allievi di 15-16 anni, si trasmette nel nostro paese ancora in gran parte "geneticamente", da insegnante a insegnante, senza quello che Primo Levi chiama «collaudo pratico». L'insegnamento-apprendimento delle discipline scientifiche, in genere, non produce vera consapevolezza delle cose insegnate, né negli studenti, né nei docenti. I connotati addestrativi o informativi, nella prassi dell'insegnamento scientifico, superano largamente il contributo formativo. L'addestramento alle procedure, all'uso di regole e formule o alle tecniche specialistiche di laboratorio, prevale anche sugli aspetti culturali e storici di ogni disciplina scientifica.

Per cambiare il quadro della situazione, il Ministero della Pubblica Istruzione italiano ha finanziato, a partire dal 1994, 50 corsi di aggiornamento, che hanno coinvolto 1200 insegnanti del biennio degli Istituti Tecnici Industriali.

I corsi, coordinati dagli Ispettori Tecnici Chimici del MPI italiano, si sono svolti prevalentemente in laboratorio, promuovendo la tecnica di problem - solving sperimentale ideata da A.H. Johnstone e dalla sua scuola (1) e (2). La metodologia di problem solving sperimentale si è rivelata particolarmente fertile e parecchi insegnanti e diversi libri di testo, dopo l'esperienza dei corsi ministeriali, hanno incorporato tale metodologia nella prassi dell'insegnamento della chimica. L'esperienza è stata poi generalizzata a tutti i livelli in cui si insegna chimica di base: Licei scientifici e classici, Istituti Professionali, Istituti Tecnici per Geometri e Commerciali, anche se non per iniziativa sistematica del M.P.I. Anche parecchie scuole medie ed elementari sono state coinvolte, recentemente, in progetti di alfabetizzazione scientifica che pongono il problem solving sperimentale al centro delle scelte metodologiche (19).

### **L'esperienza fatta si trasforma in comprensione – competenza**

Come si diceva sopra, l'apprendimento delle scienze sperimentali spesso non produce vera consapevolezza delle cose apprese, da parte degli studenti. I connotati informativi superano largamente il contributo formativo.

Invece, per usare con successo un determinato concetto scientifico, bisogna avere una conoscenza diretta anche del contesto in cui è possibile applicarlo. È proprio questo il senso della *comprensione – competenza*, la quale è conoscenza dell'impianto teorico della chimica, ma è pure *tacita conoscenza*, acquistata e consolidata dall'esperienza fatta in laboratorio o semplicemente frutto delle riflessioni personali su fatti del mondo in cui viviamo, a noi tutti noti. Ha scritto il compianto Primo Levi (3):

«Anche il profano sa cosa vuol dire filtrare, cristallizzare, distillare, ma lo sa di seconda mano: non ne conosce la "passione impressa", ignora le emozioni che a questi gesti son legate, non ne ha percepito l'ombra simbolica.»

La *tacita conoscenza*, parte della comprensione – competenza, non può essere comunicata verbalmente. Ciò implica che le comprensioni – competenze prendano forma lentamente, attraverso la diretta esperienza, in laboratorio o nel mondo esterno.

Quando i novizi si confrontano con fenomeni sconosciuti, li osservano e li interpretano in maniera altamente idiosincratca (4). È difficile per loro giungere rapidamente alla comprensione – competenza. Ciò accade perché la costruzione della competenza, nelle materie scientifiche, non può avvenire per via esclusivamente formale, ma implica una interazione fra fare e pensare. È importante che le esperienze siano rese esplicite e che trovino un riscontro, almeno parziale, nelle cose di tutti i giorni.

Si comprende perciò l'importanza del laboratorio nell'educazione scientifica (5). Il laboratorio è il posto ideale per estendere la conoscenza e modificare le misconcezioni. Ma quale tipo di laboratorio si deve privilegiare? Ci sono buoni motivi, per esempio per non sovraccaricare la memoria di lavoro degli allievi di 15 - 16 anni dei corsi introduttivi di chimica, per scegliere la *tecnica di problem-solving sperimentale* (4). Le altre ragioni, di natura pedagogica, saranno chiarite di seguito.

### **Valorizzare gli aspetti formativi dell'educazione scientifica**

Secondo H.Gardner ci sono tre figure di allievo: *il discente intuitivo, il discente scolastico e l'esperto disciplinare*.

Il primo allievo affronta la scuola avendo già una propria idea del mondo e delle leggi che lo governano. Con questi studenti è necessario operare per correggere le concezioni errate sul mondo fisico, da essi possedute, senza intaccare o, peggio, distruggere il loro patrimonio di intuito e di creatività. Sono studenti che si inseriscono nell'ambiente scolare con difficoltà. Anche quando la loro partecipazione appare positiva, a livello di comprensione vera e di immagini mentali coerenti, rimane il contrasto fra concetti intuitivi e le nozioni apprese a scuola.

Il secondo scolaro cerca di apprendere quanto la scuola gli propone, ma non riesce a trasferire le conoscenze, apprese a scuola, in contesti diversi da quello scolastico. Soprattutto in ambito scientifico si nota una mancanza di comprensione vera. Questi allievi tradizionali incontrano difficoltà nelle attività di *problem-solving*, che richiedono intuito e creatività.

L'allievo ideale sarebbe l'esperto disciplinare. A questo proposito, ha scritto Howard Gardner (6):

«Rientrano nel novero degli esperti di una disciplina quegli studenti che sono in grado di servirsi delle nozioni di fisica o di storia, apprese a scuola, per far luce su fenomeni nuovi. Le loro conoscenze travalicano la sfera delle esercitazioni prettamente scolastiche ed essi possono essere fatti rientrare nella categoria delle persone che comprendono realmente»

Come è possibile raggiungere questi obiettivi, affinché ci sia comprensione vera e significativa?

Per far diventare gli allievi esperti in chimica (o in qualsiasi altra disciplina), bisogna privilegiare gli aspetti formativi della materia e percorrere le strade della logica, del pensiero critico e del pensiero creativo. A questo riguardo, l'impianto storico ed epistemologico della chimica è tale da offrire agli insegnanti suggerimenti operativi di notevole spessore culturale, ai quali si può attingere per impostare in classe il piano di formazione. Eccone alcuni fra i più importanti (7) e (8): l'idea di molecola di Avogadro (1811); la struttura tetraedrica del metano di Van't Hoff (1875); il sistema periodico di Mendeleeff (1869); la determinazione dei pesi atomici di Cannizzaro (1858); la valenza e la struttura degli atomi di G. N. Lewis (1923).

Nell'impostare un piano formativo ci possono essere di aiuto anche le idee della moderna pedagogia francese.

Gli insegnanti non dispongono di un accesso diretto alla mente dell'allievo. È difficile arguire, sulla base di una prova di valutazione, se ci sia stata vera comprensione di un determinato concetto e di una determinata teoria.

Il pedagogista francese A. de La Galanderie sostiene che la comprensione vera è legata al *vissuto rievocativo* e non al *vissuto percettivo* (9). La sua opinione è che la percezione, a livello mentale, viene conservata come somma di più elementi, non interconnessi e sequenziali. Non è sufficiente *fare esperienza* in laboratorio, perché ci sia comprensione della chimica. La comprensione, perché sia vera e significativa, poggia invece sulla mobilità delle idee apprese, sulla possibilità che le stesse idee e gli stessi concetti possano essere utilizzati anche in contesti diversi da quello scolastico e lontano dal laboratorio. Soprattutto la creatività deve poter contare sulla mobilità dei concetti appresi. L'atto creativo segue l'atto mentale della riflessione. Le immagini mentali devono essere libere di muoversi, durante la riflessione, senza impedimenti di sorta. «Come le nuvole del cielo, che vagano indisturbate. Ma quando si aggregano, allora cade la pioggia fertilizzatrice». Nasce l'atto creativo. Il modello ciclico del benzene di Kekulé, come racconta la leggenda, fu partorito alla fine di un prolungato atto di riflessione "abbandonata".

### La lezione del latino

Capire il latino è cosa del tutto diversa del capire la chimica, la fisica o la biologia. Ciò non toglie che fra latino, poesia, chimica, inglese, e molte altre discipline, ci sia un collegamento forte, se concentriamo la nostra attenzione sugli aspetti formativi che competono a gran parte delle discipline scolastiche. E i contenuti? Essi assolvono un ruolo importante, di sfondo. *Che cosa* apprendono gli studenti non può essere separato dal *come* essi lo apprendono, sostiene J. S. Brown del gruppo della Vanderbilt University (10).

Dunque, nella formazione non sono importanti solo *le cose* che si insegnano ma pure le *modalità* con le quali si presentano i contenuti, sia in classe che in laboratorio. Da quanto scritto, ne deriva che il *metodo assume un ruolo centrale*, se si vogliono raggiungere gli obiettivi formativi, che giustamente appartengono pure alle scienze sperimentali. E se si vuole che ci sia comprensione vera e duratura, nel senso indicato da Howard Gardner. Vediamo in che cosa consiste il collegamento forte fra latino e chimica o altra disciplina sperimentale.

Una versione latina consente di mobilitare ripetutamente, frase dopo frase, le qualità formative come il pensiero logico, il pensiero critico e la creatività. Per ciascuna frase l'allievo deve individuare il soggetto, il verbo, ...ecc. (seguendo la logica tipica del latino); inoltre, deve trovare il significato dei vocaboli, sul vocabolario, e scegliere *criticamente* quello appropriato, fra i tanti possibili. Deve dare un senso alla frase e, infine, deve armonizzarla (pensiero creativo) nel contesto generale del brano.

Le qualità logiche, critiche e creative ne escono rinvigorite da un siffatto esercizio, che si ripete, frase dopo frase, brano dopo brano.

E allora perché meravigliarsi delle qualità formative dell'istruzione classica, alla quale sono rimasti debitori tanti illustri docenti e ricercatori di fisica, di chimica e di biologia ?

Si può invocare un analogo aspetto formativo delle scienze sperimentali? Certamente. Purché la metodologia prescelta sia coerente e favorevole agli obiettivi formativi che si vogliono raggiungere. E allora quale metodologia è vincente nella didattica delle discipline scientifiche e quindi della chimica? La risposta, che a noi sembra ragionevole, è questa: la tecnica di *problem-solving sperimentale*. In effetti, la procedura di soluzione di un problema sperimentale comporta la mobilitazione di *analoghi* meccanismi logici, critici e creativi della traduzione di una versione di latino o di greco. La chimica ha una sua logica, che si evidenzia nella prassi sperimentale. Di qui la necessità di efficaci e appropriate esperienze di laboratorio. Inoltre, i risultati sperimentali vanno valutati criticamente, prima di dare una risposta coerente e corretta al quesito in esame. Infine, la creatività, che è un armonioso mixer di originalità e di utilità, prende forma nella fase di progetto di soluzione del problema sperimentale. Ecco un esempio di creatività, dimostrata da allievi di 16 anni nella fase di progettazione della soluzione di un problema sperimentale:

Tre liquidi hanno pesi molecolari quasi uguali. Quale liquido fra A, B, C ha forze di coesione più intense? (i tre liquidi erano: esano, pentanolo e acetato di etile).

Furono avanzate proposte, da parte degli studenti, che riguardavano la temperatura di fusione, la temperatura di ebollizione, il tempo necessario per l'evaporazione e il grado di abbassamento della temperatura nell'evaporazione. Quasi tutte queste ipotesi rientravano in quanto previsto dall'insegnante, che aveva assegnato il problema. Il gruppo che dimostrò maggiore *creatività* fu quello che decise, in piena autonomia, di porre ciascun liquido sul piatto della bilancia digitale, in un vetro di orologio, e di compilare una tabella della massa a intervalli di trenta secondi.

Né bisogna dimenticare che le abilità acquisite, attraverso tale tecnica sperimentale, rimangono a lungo, dopo che i fatti chimici, fisici o biologici siano stati dimenticati.

Ancora una volta, Primo Levi (3) ci spiega il valore e la convenienza della scelta formativa:

«Ora, le cose che ho viste, sperimentate e fatte nella mia precedente incarnazione [di chimico] sono oggi, per me scrittore, una fonte preziosa di materie prime, di fatti da raccontare, e non solo di fatti: anche di quelle emozioni fondamentali che sono il misurarsi con la materia (che è un giudice imparziale, impassibile ma durissimo: se sbagli ti punisce senza pietà), il vincere, il rimanere sconfitti. [...]

Io ex chimico, ormai atrofico e sprovveduto se dovessi rientrare in un laboratorio, provo quasi vergogna quando nel mio scrivere traggio profitto di questo repertorio: mi pare di fruire di un vantaggio illecito, nei confronti dei miei neo-colleghi scrittori, che non hanno alle spalle una militanza come la mia.

Per tutti questi motivi, quando un lettore si stupisce del fatto che io chimico abbia scelto la via dello scrivere, mi sento autorizzato a rispondergli che scrivo proprio perché sono un chimico: il mio vecchio mestiere si è largamente trasfuso nel nuovo.»

La preferenza accordata alla tecnica di *problem-solving* deriva dalla limitata efficacia dei metodi tradizionali di insegnamento della chimica. Nell'insegnamento tradizionale, gli studenti percepiscono la chimica come una serie di concetti isolati dal resto del mondo, piuttosto che come un corpo omogeneo di abilità che possono essere applicate pure ai fatti dell'esperienza comune. Di fronte a esperienze concrete, gli studenti incontrano grosse difficoltà a usare il proprio bagaglio di conoscenze teoriche, per spiegare quanto sta davanti ai loro occhi. Nessuno ha mai raccontato loro, in classe e in laboratorio, come leggere la realtà.

## **Il laboratorio e la zona di sviluppo prossimale**

Chi ha sperimentato realmente il *Problem-solving* in laboratorio, si è reso conto dell'importanza di assecondare il desiderio degli allievi di tentare soluzioni personali. Per far loro apprezzare il valore dell'autonomia e per renderli consapevoli delle proprie abilità. L'insegnante si accorge allora che l'intelligenza degli allievi è molto vivace e dinamica. Non appena gli studenti capiscono che hanno campo libero, si impegnano in attività di pensiero divergente (un vero e proprio brainstorming) che lasciano stupefatto l'insegnante. Nelle classi in cui il docente giudica le proposte di soluzione, scartandone alcune, promuovendone altre e suggerendone una ben precisa, gli allievi capiscono presto che non sono loro, con la propria intelligenza, a condurre il gioco. Il tono dell'attività di *problem-solving* cade e si spegne la motivazione. Gli allievi non devono pensare che la soluzione sia unica, già nota all'insegnante, e che essi dovrebbero trovare proprio quella (pensiero convergente). La scuola premia già fin troppo questo tipo di pensiero. Occorre, invece, durante il dialogo pedagogico con la classe, dedicare tempo al libero confronto delle varie ipotesi, rimanendo neutrali, e stimolando la classe a spingersi oltre, nella previsione delle conseguenze delle *proprie ipotesi*. Non occorre aver fretta, la fase critica si accenderà da sé, sotto forma di dibattito tra gli allievi. L'aiuto determinante, che l'insegnante può dare, consiste nel lasciare loro il tempo sufficiente per costruire le proprie immagini mentali. L'insegnante, che opera in questo modo, lavora nella *zona di sviluppo prossimale* di Vygotsky (11). Lo psicologo russo credeva che l'apprendimento fosse una questione di armoniosa collaborazione fra un adulto e lo studente. Fra un esperto e un novizio. Quindi la nostra proposta è cosa ben diversa dallo "spontaneismo", che vuol liberare il "ricercatore" che c'è in ogni alunno, con il risultato che questi si senta libero di affermare tutto e il contrario di tutto, che veda la propria esperienza come l'unica possibile e che renda assoluto il particolare.

Con opportune domande e *problem-solving* adeguati, il docente stimolerà lo studente a costruire la propria conoscenza. Se il clima della classe è stato riscaldato dall'entusiasmo dell'insegnante, gli allievi parteciperanno, divertendosi, a questa sfida per la edificazione della propria conoscenza. Ma bisogna fare molta attenzione nella scelta delle domande e dei *problem-solving*. Se si lavora, al di sotto del limite inferiore della zona di Vygotsky, proponendo questioni e problemi banali, si corre il rischio di annoiare gli allievi. Ed essi non si daranno immagini mentali elaborate. Nelle esercitazioni tradizionali il pericolo della noia intellettuale è sempre latente.

L'altro rischio, ancora più pernicioso, è la frustrazione. Insorge quando l'allievo non riesce a seguire il docente, che corre in avanti e perde il contatto con la sua mente. In questo modo, il docente lavora oltre il limite superiore della *zona di sviluppo prossimale*. *Insegnare, all'interno di questi due punti di riferimento, non è semplice* e l'apprendimento, che ne deriva, non può essere pianificato. Non ci sono libri da seguire. È l'insegnante che deve adattarsi ai bisogni della classe e proporre esperienze adeguate alla *zona di sviluppo prossimale di ciascun allievo*, in classe e in laboratorio. Ogni bravo insegnante dovrebbe chiedersi, di fronte al fallimento scolastico di un allievo, gli ho dato il tempo necessario per creare le proprie immagini mentali in piena libertà? Nel giudicare le sue prestazioni sono stato condizionato dalla mia lingua pedagogica, dal mio stile di apprendimento? Noi insegnanti siamo convinti che i nostri metodi pedagogici siano i migliori, perché funzionano. «Io spiego sempre alla stessa maniera, ma la maggioranza mi segue e solo una sparuta minoranza no. Quelli che non mi seguono non hanno voglia di studiare.» In realtà ciò che funziona con la maggioranza degli studenti è un puro caso: risiede nella coincidenza delle abitudini mentali dell'insegnante con quelle di buona parte degli allievi. Quelli che non seguono hanno, forse, abitudini mentali differenti, che non vengono attivate, ed essi rimangono ai margini. È l'insegnante, pertanto, che si deve adattare e recuperare gli alunni che parlano una differente lingua pedagogica.

Se l'allievo si trova in difficoltà, bisognerà evitare di dargli subito la risposta. Altrimenti la sua mente non si aprirà e il *pensiero critico* non prenderà forma. Con opportune domande, si può guidare il discente verso il traguardo della conoscenza. È bene ricordare (Robert J. Sternberg) che il pensiero critico non è altro che l'insieme dei processi mentali, delle strategie e delle rappresentazioni che le persone usano per risolvere problemi.

Quando si lavora nella *zona di sviluppo prossimale*, "la classe è percorsa da un brusio che fa pensare al rumore di una corda tesa", ha scritto Carol B. Avila (12).

La soluzione di un *problema sperimentale*, deve sempre cominciare con il *dialogo pedagogico*. È un viaggio avventuroso attraverso la mente degli allievi, che mette a nudo *concezioni e misconcezioni* di ciascuno.

Per la soluzione di un problema, gli allievi mettono in campo la parte di bagaglio tecnico che hanno acquisito, di cui hanno già avuto un'esperienza diretta, manipolativa. Per quanto riguarda i concetti, gli allievi usano sia quelli appresi a scuola, sia le loro idee intuitive, che sono in contrasto con i concetti appresi e che non sono state ancora scalfite dall'insegnamento. Conviene allora che tali idee giungano a un confronto esplicito e spontaneo. L'errore dell'allievo non è mai risibile, né da collegare con le ore dedicate allo studio o con il livello scolastico presunto. Sul valore pedagogico dell'errore, Primo Levi ha idee precise (3):

«Credo che ogni mio collega chimico lo potrà confermare: si impara più dai propri errori che dai propri successi. Ad esempio: formulare un'ipotesi esplicativa, crederci, affezionarcisi, controllarla (oh, la tentazione di falsare i dati, di dar loro un piccolo colpo di pollice!) ed infine trovarla errata, è un ciclo che nel mestiere del chimico si incontra anche troppo spesso "allo stato puro", ma che è facile riconoscere in infiniti altri itinerari umani. Chi lo percorre con onestà ne esce maturo.»

I misconcetti sono finestre aperte sul modo di pensare degli allievi. La disponibilità e l'accettazione di ogni idea, il ritenere tutte le idee interessanti e dignitose modificano il clima di classe. L'ottimismo che ne deriva è contagioso e stimola l'insegnante a costruire le lezioni successive su tali ipotesi e idee. Tra gli articoli importanti, riguardanti le vie per aiutare gli allievi a capire le basi dei propri errori, citiamo quello di Brian P. Coppola (13).

## Il problem-solving sperimentale

Bisogna tener presente che la tecnica di problem-solving prevede la conoscenza preliminare delle principali tecniche di laboratorio e cioè: *a*) come si usa una bilancia digitale (al centesimo di grammo); *b*) come si misura un volume (con cilindro graduato, buretta, pipetta, ecc.); *c*) come si evapora in capsula di porcellana; *d*) come si distilla un liquido; *e*) come si filtra un precipitato; *f*) come si esegue una cromatografia su carta e su strato sottile. Tali tecniche si apprendono in pochi turni iniziali di laboratorio. Gli allievi dovranno conoscere soltanto l'enunciato del problema e i materiali disponibili. Una buona abitudine consiste nell'accennare al problema sperimentale durante la spiegazione in classe dei concetti teorici e delle idee rilevanti, qualche giorno prima dell'effettivo sviluppo pratico del problema. *La soluzione del problema deve essere trovata esclusivamente per via sperimentale.* In sostanza, si vuole che l'allievo si abitui ad avere fiducia nei principi teorici e a tradurre in termini concreti le proprie conoscenze teoriche. Troppo spesso, nella scuola tradizionale, si utilizzano le esperienze concrete solo come pretesto per spingersi nella dimensione astratta; ovvero, nei laboratori si resta imprigionati nell'operatività concreta per riprodurre fenomeni, eseguire metodiche, ecc., senza legami col mondo dei concetti. Pertanto l'allievo dovrà entrare in laboratorio sapendo come utilizzare le apparecchiature ma, dovrà anche conoscere i concetti teorici realmente implicati nella risoluzione del problema sperimentale. In questo modo la memoria di lavoro non si sovraccarica e l'allievo potrà interagire mentalmente con quanto sta manipolando.

Durante la risoluzione sperimentale del problema, l'insegnante e il suo aiutante potranno girare fra i banchi per discutere e spronare gli allievi, nelle delicate fasi dell'osservazione e della raccolta dei dati sperimentali. È un momento magico che non va sprecato! È l'occasione più propizia per dialogare con gli allievi più demotivati e per conoscere le loro abitudini mentali. Per aiutarli a costruire la propria conoscenza (14) e ridurre lo spazio che li tiene lontani dalle attività intellettuali. La dimensione affettiva, che nasce durante il dialogo, può avere un impatto considerevole sull'aspetto cognitivo: «Un giorno il professore mi ha messo la mano sulla spalla e da allora il mio impegno è migliorato enormemente.» (15)

I problem-solving sperimentali richiedono circa 60 minuti per il loro completamento. In questo articolo la suddivisione adottata è quella in Moduli, suggerita dalle ipotesi di riforma del Liceo Tecnico.

## Problemi sperimentali

### Modulo A

**n.1** Devi misurare 1 mL d'acqua con tre diverse apparecchiature: *a*) una pipetta; *b*) una buretta; *c*) un cilindro graduato. Qual è la percentuale di errore che commetti in ciascun caso ?

*Materiale:* pipetta da 5 mL, buretta, cilindro graduato da 10 mL, bilancia analitica, vetro d'orologio, contagocce.

*Per l'insegnante*

*a*) Prerequisiti teorici: calcolo dell'errore percentuale, densità.

*b*) Prerequisiti sperimentali: uso della pipetta, della buretta e del cilindro graduato.

*c*) Una possibile soluzione: si pesa un vetrino d'orologio asciutto e si annota la sua massa. Ogni allievo effettua ripetuti prelievi di 1 mL d'acqua (almeno tre con ogni apparecchiatura), pesando, annotando la massa totale e asciugando il vetrino ogni volta. Dato lo scopo dell'esperimento, il lavoro deve essere svolto individualmente.

*d*) Estensione e generalizzazione: qual è la precisione degli strumenti casalinghi per la misura del volume?

**n. 2** Qual è la massima concentrazione (massa/volume) di sale che può essere sciolto in acqua?

*Materiale:* beaker da 100 mL, bunsen, reticella, treppiede, capsula di porcellana, bilancia digitale, cilindro graduato da 100 mL, contagocce, bacchetta di vetro, imbutino, carta da filtro, pipetta da 10 mL.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: soluzione, soluzione satura, concentrazione, percentuale.
- b) Prerequisiti sperimentali: uso del cilindro graduato e della bilancia, filtrazione, evaporazione su capsula.

## Modulo B

**n. 1** Qual è il peso molecolare medio dell'aria? Hai a disposizione una beuta da vuoto da 500 mL con rubinetto e una pompa da vuoto; un dm<sup>3</sup> di idrogeno pesa 0,084 g a 20 °C e 1 atm.

*Materiale:* beuta da vuoto da 500 mL con rubinetto a tre vie e tappo di gomma; pompa e tubo da vuoto. Bilancia tecnica al centesimo. Cilindro da 1000 mL.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: legge di Avogadro; densità; natura di molecola biatomica dell'idrogeno, composizione dell'aria.
- b) Prerequisiti sperimentali: uso della pompa da vuoto ad acqua.
- c) Una possibile soluzione: si aspira l'aria dalla beuta, si chiude il rubinetto, si stacca il tubo e si pone sulla bilancia. Dopo aver azzerato, si lascia entrare l'aria e si legge la sua massa. Il volume può essere misurato riempiendo la beuta d'acqua, che si misura poi sul cilindro. Trovata la densità (1,2 g/L) si deduce che le molecole dell'aria sono mediamente 14 volte più pesanti di quelle di H<sub>2</sub>, avente peso molecolare 2,0. Perciò il peso molecolare medio è circa  $14 \cdot 2,0 = 28$ .
- d) Estensioni e generalizzazioni: come si può trovare il peso molecolare del gas degli accendini e del metano?

**n. 2** La formula del solfato di rame è CuSO<sub>4</sub> · xH<sub>2</sub>O. Quante molecole d'acqua ci sono per unità formula di CuSO<sub>4</sub>?

*Materiale:* solfato di rame pentaidrato. Bilancia al centesimo, spatola, bunsen, sostegno, bacchetta di vetro, capsula di porcellana.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: concetto di molecola; legge delle proporzioni costanti; peso atomico e molecolare relativo.
- b) Prerequisiti sperimentali: riscaldamento su piastra.
- c) Una possibile soluzione: si decompongono 4 - 5 g del sale rameico idrato sulla capsula pesata, fino a colore bianco - grigio. Si pesa subito dopo raffreddamento e si calcola la massa di CuSO<sub>4</sub> e di H<sub>2</sub>O decomposta. Si calcolano il rapporto delle masse sperimentali  $x\text{H}_2\text{O}/1\text{CuSO}_4$  e il rapporto dei pesi formula  $1\text{H}_2\text{O}/1\text{CuSO}_4$ . Il rapporto sperimentale risulterà cinque volte più grande di quello calcolato per una sola molecola d'acqua.
- d) Estensione e generalizzazione: è possibile calcolare il numero di moli di acqua contenuto in 5 g di sale idrato ?

## Modulo C

**n. 1** I tre contenitori chiusi, A, B, C, contengono 0,1 mol di ciascuno dei seguenti sali: LiCl, NaCl e KCl, ma non in questo ordine. Quali sono i tre sali A, B, C ? (Attenzione: non puoi usare la bilancia).

*Materiale:* tre contenitori di plastica sigillati con 4,2 g di LiCl, 5,8 g di NaCl e 7,4 g di KCl, contrassegnati con A, B, C, ma non in questo ordine. Tre tubi di vetro di 6 mm diametro interno, altezza 20 cm, con estremità sigillata; imbuto per polveri. Filo al Ni-Cr, bunsen, HCl 1:1.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: andamento del volume ionico in un gruppo; mole; colori degli elementi alla fiamma.
- b) Prerequisiti sperimentali: esecuzione del saggio alla fiamma.
- c) Estensione e generalizzazione: come si può riconoscere se un certo alimento è stato condito con sale dietetico iposodico? Procurati la scatola contenente sale dietetico iposodico e, dopo aver letto l'etichetta, rispondi alla domanda.

**n. 2** Ti vengono assegnati due cilindri di metallo verniciato. Puoi riconoscere i due elementi, sapendo che un metallo appartiene al gruppo IIIA e l'altro al IVA ?  
Quale dei due cilindri contiene più atomi ?

*Materiale:* due cilindri verniciati, di Al e Pb. Bilancia, righello, cilindro da 50 mL, spruzzetta. Tavola periodica con valori della densità e del peso atomico.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: densità, sistema periodico, mole. È opportuno giungere ad una rappresentazione particellare dei due metalli disegnando gli atomi come cerchietti, più o meno grandi e più o meno distanziati tra loro, in base ai valori sperimentali.
- b) Prerequisiti sperimentali: misura del volume per spostamento dell'acqua.
- c) Una possibile soluzione: si identificano i metalli in base ai valori della densità (ottenuta dalla misura della massa e del volume). Gli atomi sono tanto più numerosi quanto maggiore è la densità  $\rho$  quanto più basso è il peso atomico. Il rapporto tra queste due grandezze fornisce il parametro di confronto tra i due cilindri, cioè l'ammontare in *moli nel volume unitario*.
- d) Estensione e generalizzazione: il cilindro con più atomi deve ricevere più energia per incrementare di un dato valore la sua temperatura (legge di Dulong e Petit); si può risolvere il problema con un termometro al posto della bilancia ?

## Modulo D

**n. 1** Tre liquidi hanno pesi molecolari quasi uguali. Quale liquido fra A, B, C ha forze di coesione più intense?

*Materiale:* pentano, 1-butanol, 2-butanone, contrassegnati A, B, C. Termometro, bilancia, tre becher da 100 ml e tre vetri d'orologio, piastra termica.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: stato liquido, forze di coesione intermolecolari, evaporazione, calore di evaporazione.
- b) Prerequisiti sperimentali: determinazione del punto di ebollizione.
- c) Una possibile soluzione: si misura la temperatura di ciascun liquido e poi, dopo aver estratto il bulbo del termometro si provoca l'evaporazione con un movimento oscillatorio. A  $\Delta T$  maggiore corrisponde un maggior calore di evaporazione e quindi maggiori forze di attrazione. In alternativa si può misurare la velocità di evaporazione, il punto di ebollizione.
- d) Estensione e generalizzazione: determina il peso di dieci gocce di ciascun liquido e con questo dato stabilisci quale liquido ha maggiori forze di coesione fra le sue molecole.

**n. 2** Quale delle tre sostanze cristalline, A, B, C, ha una struttura con legami ionici? Quale ha una rete di legami covalenti? Quale è legata solo da forze intermolecolari?

*Materiale:* cloruro di zinco, silice, urea. Tre becher e tre provette pyrex, spruzzetta, bacchetta di vetro, pinza, bunsen. Apparecchio rivelatore di conducibilità elettrica.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: legame ionico e covalente, proprietà di solidi molecolari, ionici e covalenti. I solidi covalenti hanno punto di fusione elevato. I solidi molecolari possono essere formati da molecole polari o apolari. Nel secondo caso sublimano facilmente e sono solubili in solventi apolari.
- b) Prerequisiti sperimentali: riscaldamento in provetta.
- c) Una possibile soluzione: una possibile strategia: verificare la solubilità in acqua e la conducibilità elettrica delle soluzioni ottenute o dei solidi fusi in provetta.
- d) Estensione e generalizzazione: esistono molecole ioniche (contenenti legami ionici) a temperatura ambiente ?

## Modulo E

**n. 1** «*Ho un sospetto, Watson, da confermare con l'esperimento. Alla soluzione di succo d'uva spina ho aggiunto ammoniacca ed ho ottenuto un'intensa colorazione blu. Per acidificazione la colorazione blu quasi scompare. Trattandola con una soluzione di potassio ferrocianuro, si ottiene un precipitato rosso.*»

Qual è lo ione metallico che Sherlock Holmes sospetta essere causa dell'avvelenamento?

*Materiale:* soluzioni 0,1 % dei seguenti ioni,  $Zn^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^+$ . Soluzione satura di potassio ferrocianuro, ammoniacca 1:1,  $HCl_{(aq)}$  1:1, 12 provette e portaprovette, tre contagocce, tre beaker da 50 mL.

*Per l'insegnante*

- a) Prerequisiti teorici: nessuno. È il primo esempio elementare di logica chimica e di chimica combinatoriale. Lo studente "indagherà" gli ioni con i tre reagenti, costruendo una griglia, per registrare i risultati.
- b) Prerequisiti sperimentali: nessuno.

**n. 2** Hai a disposizione tre provette A, B, C. Quale contiene carbonato di potassio? Quale acido cloridrico? Quale cloruro di bario? Non puoi usare altre sostanze al di fuori delle tre incognite assegnate.

*Materiale:* soluzioni 0,2 M di HCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e BaCl<sub>2</sub> in tre provette, indicate con A, B, C. Tre provette vuote, portaprovette.

*Per l'insegnante*

- Prerequisiti teorici: reazioni di doppio scambio, reazione dei carbonati con acidi. È un altro esempio di problema di logica chimica.
- Prerequisiti sperimentali: nessuno.

## Modulo F

**n. 1** Gli ioni Pb<sup>2+</sup> danno un precipitato giallo con gli ioni I<sup>-</sup>. A quale temperatura gli ioni Pb<sup>2+</sup> e I<sup>-</sup> diffondono a velocità doppia rispetto alla temperatura ambiente?

*Materiale:* cristalli di KI e di Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, termometro, cronometro, piastra Petri, spruzzetta. Bagno termostatico.

*Per l'insegnante*

- Prerequisiti teorici: modello cinetico molecolare.
- Prerequisiti sperimentali: nessuno.
- Una possibile soluzione: si pongono alcuni mL d'acqua in una piastra Petri, quanto basta per coprire il fondo; poi si dispongono alcuni granelli di KI e di Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> agli estremi opposti della piastra Petri e si cronometra il tempo occorrente per l'apparizione di una linea sottile di precipitato giallo di PbI<sub>2</sub>. Si ripete lo stesso esperimento ponendo la piastra sulla superficie del bagno termostatico a temperature crescenti di 10 °C (sempre con la stessa quantità d'acqua) e si costruisce un grafico tempo/temperatura e si determina per interpolazione la temperatura richiesta per avere la diffusione in metà tempo.
- Estensione e generalizzazione: in acqua diffondono più facilmente gli ioni Li<sup>+</sup> o K<sup>+</sup>?

**n. 2** Si trovano sul mercato delle confezioni di caffè auto-riscaldante che sfruttano il calore prodotto dalla dissoluzione in acqua del cloruro di calcio anidro. In quali condizioni è possibile riscaldare 50 mL d'acqua da 20 a 50 °C ? Hai a disposizione il cloruro di calcio, un bicchiere di polistirene espanso e un recipiente di alluminio.

*Materiale:* contenitore di polistirene espanso (tipo per gelati) abbastanza largo da accogliere la lattina; lattina di alluminio; termometro; cilindro; cloruro di calcio anidro; spruzzetta con acqua distillata.

*Per l'insegnante*

- Prerequisiti teorici: trasformazioni esotermiche.
- Prerequisiti sperimentali: nessuno.
- Una possibile soluzione: si introduce la lattina di alluminio, con il termometro e 50 mL di acqua a 20 °C, nel contenitore di polistirolo. In esso si aggiunge abbastanza acqua a 20 °C da bagnare il fondo della lattina per 4 cm di altezza. Si aggiungono 5 g di CaCl<sub>2</sub> e si agita. Si registra la temperatura interna e si ripete la prova con una quantità maggiore di CaCl<sub>2</sub>, calcolata con una proporzione ( $\Delta t : 5 \text{ g} = 30 : x$ ).

## Modulo G

**n. 1** Due soluzioni A e B di pari molarità sono formate da un acido monoprotico e da un acido diprotico. Quale delle due contiene l'acido diprotico ?

*Materiale:* H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 mol/L, HCl 0,1 mol/L in due provette con indicato A e B (o B e A), NaOH 0,5 mol/L in una terza provetta con indicazione "NaOH 0,5 M". Piastra di porcellana con incavi, tre contagocce, fenolftaleina, bacchetta di vetro.

*Per l'insegnante*

- Prerequisiti teorici: acidi e basi; reazione di neutralizzazione; molarità.
- Prerequisiti sperimentali: nessuno.
- Una possibile soluzione: si dispongono dieci gocce di ciascun acido A e B in due incavi, si aggiunge una goccia di fenolftaleina e si contano le gocce di NaOH occorrenti per avere il viraggio a rosa.
- Estensioni e generalizzazioni: la Coca Cola e il succo di limone contengono acidi triprotici. Trova la molarità di tali acidi. Sono essi più forti dell'acido solforico (diprotico) ?

**n.2** Con quale coppia di metalli si può ottenere la pila avente maggiore voltaggio?

*Materiale:* lamine di zinco, rame, piombo, ferro, alluminio, magnesio, argento. Tester o multimetro digitale. Soluzioni 0,1 M dei nitrati dei precedenti metalli. Carta da filtro. Soluzione di  $\text{KNO}_3$  5%.

*Per l'insegnante:*

- a) Prerequisiti teorici: reazioni redox; pile; potenziali di riduzione.
- b) Prerequisiti sperimentali: uso della misura in volt sul multimetro.
- c) Estensioni e generalizzazioni: quali sono gli ossidanti e i riducenti nella pila alcalina e nella batteria al piombo?

## **Il dialogo pedagogico con la classe**

Secondo Borkowski (16), bisogna favorire la crescita delle abilità di autoregolazione degli allievi, affinché essi possano analizzare sempre tutti i compiti e scegliere una sequenza di problem-solving appropriata.

Il dialogo pedagogico, fatto con l'intera classe, rappresenta il metodo migliore per favorire l'autoregolazione e per discutere i piani di soluzione dei problemi sperimentali.

La discussione dovrà coinvolgere tutti gli allievi, secondo le seguenti fasi.

1. *Lettura dell'enunciato.* Si legge l'enunciato del problema e lo si trascrive alla lavagna, affinché gli studenti possano riformularlo mentalmente. In questa fase prendono forma tutte le possibili immagini mentali, visive, uditive, cinestetiche, coerenti coi propri stili di apprendimento.
2. *Domande.* Seguendo un turno prestabilito, ogni alunno porrà una domanda riguardante gli aspetti teorici o sperimentali del problema. Si tratta, in definitiva, di ripetere davanti alla classe, gli stessi interrogativi che il problema ha suscitato in ciascuno dei presenti. L'obiettivo è di toccare tutti gli aspetti, teorici e sperimentali, senza tralasciarne alcuno.
3. *Risposte.* Ogni domanda riceverà una risposta dal singolo allievo o dal gruppo. È un momento importante per riassumere i concetti e le abilità richieste per la soluzione del problema. I concetti, che emergono dal dialogo, sono annotati sulla "V" di Gowin al punto 2 (17).
4. *Piano di soluzione.* È la fase conclusiva del dialogo pedagogico con la classe e comporta la stesura del o dei piani di soluzione del *problema sperimentale*. Durante questa fase si dispiega il pensiero creativo e il docente dovrà favorire ogni intervento, anche di coloro che propongono piani insignificanti. Ogni proposta sarà registrata sulla lavagna e, a conclusione della discussione, saranno gli allievi a scegliere i piani ritenuti più idonei alla soluzione sperimentale del problema. I piani sono annotati al punto 3 della "V" di Gowin.

Si passa quindi in laboratorio per la soluzione del problema. Questo approccio dialogico è necessario soprattutto per i primi problemi. In seguito, con l'esperienza acquisita, gli allievi procederanno con maggiore celerità verso la proposizione dei piani risolutivi.

È buona norma assegnare a ogni allievo un questionario (*post problem-solving*), da elaborare a casa, che può contenere domande strettamente attinenti alla prova effettuata o richieste di applicazione dei concetti in situazioni più generali, anche esterne al laboratorio. Per esempio:

- a) come modifichereesti il procedimento, in modo da ottenere un risultato più accurato o più rapido?
- b) quali risposte sono venute dall'esperimento?
- c) la procedura di soluzione è applicabile anche ad altri problemi, per esempio per valutare le proprietà chimiche di alcuni materiali domestici?
- d) ci sono altre domande suggerite dall'esperienza svolta?

Sulla base del questionario l'insegnante valuterà rapidamente, nella lezione successiva, se c'è stata comprensione vera delle operazioni effettuate e dei concetti usati, da parte dei singoli studenti. Comunque, domande simili a queste, o altre sui dettagli delle operazioni svolte, potranno essere

occasione di dialogo pedagogico, durante lo svolgimento dell'attività pratica, quando il docente gira fra i banchi.

### **Compilare la “V” di Gowin**

Il diagramma a “V” di Gowin è stato ideato, per aiutare a comprendere e per valutare le attività di laboratorio (18). Tale schema scompone la conoscenza relativa, sia al campo chimico che al campo fisico e, più in generale, la conoscenza di qualsiasi disciplina scientifica. La sezione a sinistra contiene la parte teorica, la sezione a destra la parte metodologica, al centro, in basso, la procedura sperimentale che si vuol utilizzare per il *problem-solving*.

Problema e procedura sperimentale costituiscono il confine tra la vecchia e la nuova conoscenza. Da quali esigenze nasce tale strumento metacognitivo? È raro che gli studenti siano capaci di fare riferimento a principi o concetti, durante un'attività sperimentale. Essi sono completamente assorbiti in compiti come: osservare un fenomeno e registrare dati; spesso confondono un'osservazione con un'inferenza. Ci sono poche occasioni, nei turni di laboratorio di tipo tradizionale, per pensare e riflettere su quanto avviene sotto i propri occhi. Le attività degli allievi non sono guidate, sostiene Gowin, dai modelli interpretativi teorici (per esempio, manca la “visione” particellare di quanto sta accadendo (20), (21), se non sono stati addestrati a farlo), come invece accade all'insegnante esperto. In una parola, non c'è interazione fra il versante sinistro della conoscenza e il versante destro, dell'elaborazione sperimentale. Se i due versanti del diagramma, quello concettuale (conoscere) e quello metodologico (fare), saranno fatti interagire continuamente, l'allievo riuscirà a capire come può essere costruita la comprensione vera in una situazione sperimentale.

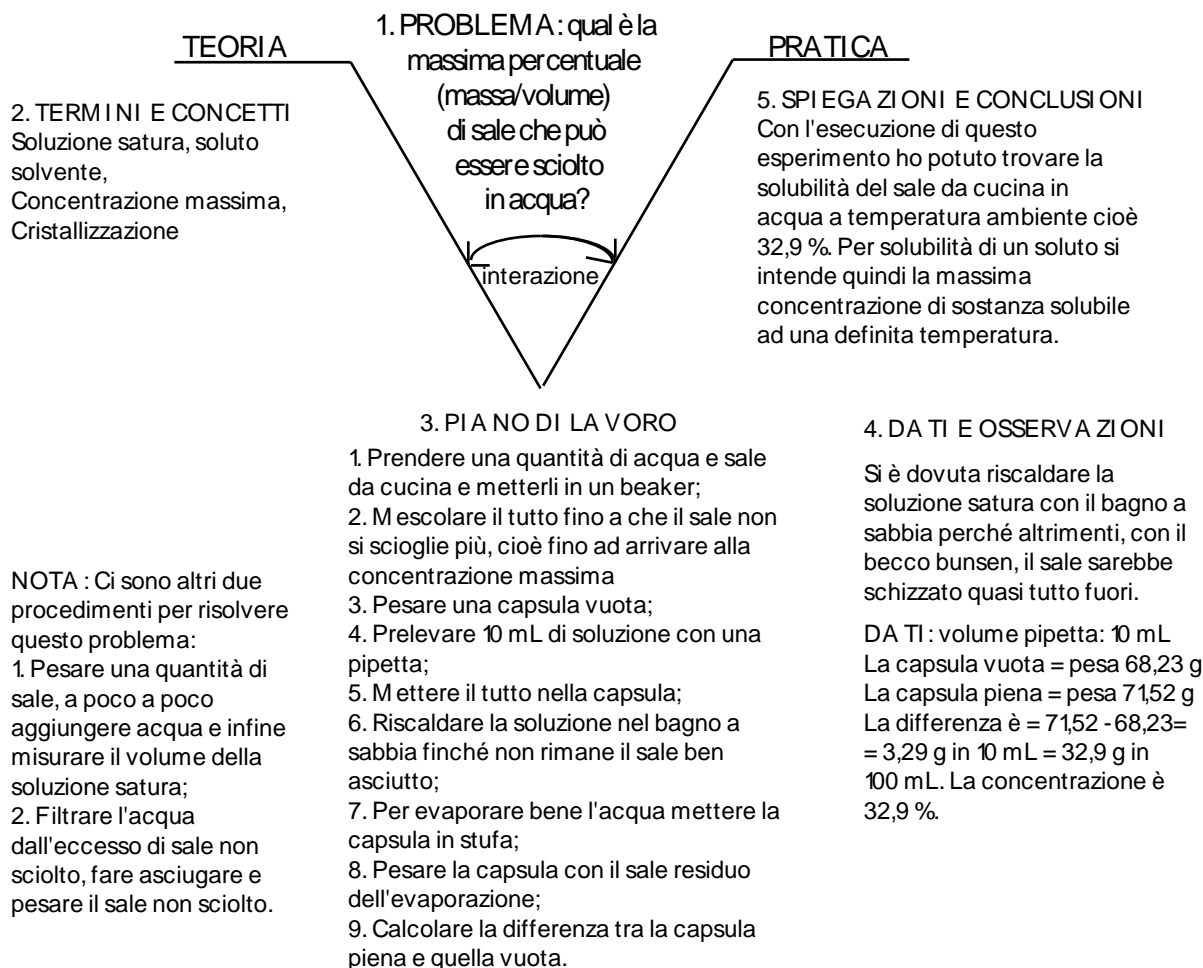
Spesso lo studente possiede sia le conoscenze teoriche che le abilità sperimentali necessarie per risolvere il problema, ma non sa applicarle con successo, perché gli manca un sistema di regolazione del proprio pensiero (22). Si tratta, dunque, di far acquistare all'allievo quelle abilità metacognitive, che trascendono i contenuti disciplinari e rappresentano il patrimonio più ricco che la scuola dovrebbe lasciare in eredità allo scolaro. La “V” di Gowin è lo strumento più adeguato per valorizzare le abilità metacognitive. Consente, infatti, all'allievo di monitorare e valutare il proprio pensiero in ogni fase dell'attività sperimentale. Infine, rende visibili le strategie efficaci del *problem-solving*, che potranno essere usate anche in contesti diversi da quello scolastico.

Inizialmente, l'attenzione dello studente viene convogliata su quanto egli conosce sull'argomento dell'indagine (punto 2 della “V”), poi si passa alla pianificazione dell'esperimento (punto 3), alla raccolta dei dati e alla registrazione delle osservazioni (punto 4) e alle spiegazioni finali (punto 5). A proposito dell'importanza delle spiegazioni finali, ha scritto il filosofo francese Paul Ricoeur:

«La spiegazione, per noi osservatori di fenomeni naturali, resta la sola via attraverso la quale possiamo “salvare i fenomeni”, sottoponendo dei fatti osservabili a regole che l'immaginazione plasma e che la sperimentazione invalida o conferma»

Pure per la “V” di Gowin valgono le raccomandazioni date, a proposito dei *problem-solving*. Non è sufficiente spiegarne il funzionamento, ma si devono presentare e discutere nei dettagli i *problem-solving* e abituare gli allievi, con costanza e con pazienza, a usare la V in ogni attività sperimentale.

Riportiamo la “V” di Gowin compilata da un'allieva per il Problem solving A2 di quest'articolo.



Sebbene gli alunni debbano svolgere le suddette sezioni in ordine sequenziale, la mappa ci informa rapidamente sulle relazioni complesse fra le varie parti. Dalla lettura dei diagrammi di Gowin è relativamente facile risalire alle misconcezioni degli studenti. Un solo sguardo è sufficiente per decidere se e come l'attività sperimentale ha arricchito la precedente conoscenza. In figura viene mostrata la riproduzione fedele del diagramma a V compilato da uno studente di 15 anni.

## Bibliografia

1. Johnstone, A. H. *Chemeda* **31**, 15 1991
2. Hadden, R. A. - *Problem solving at the bench* - The University of Glasgow 1991.
3. Primo Levi - *L'altrui mestiere* - Einaudi, Torino 1985
4. Johnstone, A. H. *J. Chem. Educ.* **1997**, *74*, 262-268
5. Todd, D.; Pickering, M.; *J. Chem. Educ.* **1988**, *65*, 1100-1102
6. Howard Gardner – *Educare al comprendere* – Feltrinelli - 1993
7. Jensen, W. B. Does Chemistry have a logical structure? *J. Chem. Educ.* **1998**, *75*, 679-687; Can we unuddle the chemistry textbook? **1998**, *75*, 817-828; Logic, history, and chemistry textbook **1998**, *75*, 961-969.
8. Stanislao Cannizzaro - *Sunto di un corso di filosofia chimica* - Sellerio editore Palermo 1991
9. De La Garanderie A., Arquié D. *Réussir ca s'apprende* Bayard Paris 1994
10. Brown, J. S., Collins, A., Duguid, P. *Educational Researcher* **1989** *18* (1), 32-41.
11. Vygotsky L. S. *Mind in society: The development of higher psychological processes* Cambridge, Harward University Press. 1978
12. Avila C. B. *Science and Children* 1998 April 14-17

13. Coppola, B. P. Lawton, R. G. *J.Chem. Educ.* **1995**, 72, 1120-1122
14. Bodner G. M. *J.Chem. Educ.* **1986**, 63, 873-878
15. Gardou C. *La Gestion Mentale en questions-* A propos des travaux d'Antoine de La Garanderie Eres Paris.
16. Borkowski J. G. *General problem solving skills: relations between metacognitive and strategic processing*, «Learning Disability Quarterly» 1989, 25, 253-257.
17. Holme, T. A. *J.Chem. Educ.* **1992**, 69 974-976
18. Novak, J. D. Gowin, D.B. – *Imparando a imparare* – SEI
19. Paolo Meazzini – *L'insegnante di qualità* – Giunti 2000
20. Nakhleh, M. B. *J.Chem. Educ.* **1994**, 71, 495-499
21. Zoller,U.; Lubezky,A.; Nakhleh, M. B.; Tessier, B.; Dori,Y. J. *J.Chem.Educ.* **1995**, 72, 987-989.
22. Schoenfeld, A. H. - *Mathematical problem solving* - New york: Academic Press 1985.