

La rappresentazione della natura particellare della materia come aiuto del Problem Solving

Rihab Angawi¹, Liberato Cardellini²

¹Department of Chemistry, College of Science, King Abdul-aziz University,
P.O. Box 54881, Jeddah 21524, Saudi Arabia, rangawi@kau.edu.sa;

²Dipartimento SIMAU, Facoltà di Ingegneria dell'Università, Via Brece Bianche, 12 - 60131 Ancona,
libero@univpm.it

Abstract

The abilities to perform formal operational reasoning of the students that arrive at the university are quite low, as it results from a study connected with the particulate nature of matter. In literature there are so many diagnostic studies that emphasize students' difficulties with so few effective proposals for the problem solution. The students' difficulties have been diagnosed using the Friedel-Maloney's test [42].

Students find some difficulties in translating sentences into algebraic equations. Therefore, two directions can be pursued to resolve this problem. We need to offer an easy way to represent the problem and an effective way to make the proportional relationships easy for them. The recourse at the stoichiometric ratios derived from the representation of the particle nature of matter used in a step by step approach can be the response. The approach here suggested dramatically improvements of the student's performance in problem solving.

Introduzione

Il dibattito sull'insegnamento delle scienze e in particolare della chimica è animato da diverse opinioni, ma ci sono due convinzioni sufficientemente condivise. Introducendo un simposio sui libri di testo per la scuola superiore nel 1983, Dudley Herron conclude riconoscendo che "sfortunatamente la ricerca ha poca influenza sul modo in cui i testi di chimica vengono scritti". [1] Un'altra convinzione ormai condivisa è stata espressa da Joseph Lagowski in un editoriale pubblicato nel 1991 dal Journal of Chemical Education. Dopo aver constatato l'insufficiente conoscenza scientifica che non permette di comprendere il contenuto di semplici articoli scientifici riportati sui quotidiani a troppi studenti e futuri cittadini, Lagowski afferma che "Non abbiamo bisogno di più studenti che si specializzano in discipline scientifiche; abbiamo bisogno di avere tutti gli altri studenti meglio informati nelle scienze perché rappresentano la stragrande maggioranza dei futuri cittadini". [2] In una società democratica sempre più dipendente dalla scienza e dalla tecnologia, non si possono lasciare decisioni importanti e di vasta portata in mano a poche persone tecnicamente competenti, una sorta di clero scientifico.

Una difficoltà incontrata da chi all'università si occupa di didattica è la critica e il mancato riconoscimento del valore del proprio lavoro. In che direzione andare per rispondere in modo positivo ai colleghi che svolgono ricerche chimiche fondamentali e alla giusta esigenza espressa da Lagowski? A noi sembra che se riusciamo a far innamorare molti studenti della nostra disciplina, e se riusciamo a dimostrare ai nostri colleghi critici che i nostri studenti imparano e acquisiscono abilità significative per il corso degli studi più dei loro, abbiamo raggiunto il nostro scopo. Ma come fare a far innamorare gli studenti della nostra disciplina e soprattutto quali abilità sviluppare nei nostri studenti in modo che i nostri corsi siano un servizio effettivo alla loro formazione?

L'utilizzo di pratiche didattiche che infondono negli studenti abilità logiche e il ragionamento esperto è il patrimonio più prezioso che possiamo sviluppare nei nostri studenti, mentre in modo significativo appendono le nostre discipline di chimica. Se riusciamo a raggiungere questo ambizioso traguardo, non solo formiamo degli studenti di successo e dei cittadini informati, ma si spera anche futuri professionisti equipaggiati al meglio per avere successo nella vita. Per mostrare una possibile pratica forse utile a chi cerca di migliorare i processi di apprendimento e di insegnamento, presenteremo alcuni argomenti dei nostri corsi e la maniera che abbiamo trovato efficace per aiutare i nostri studenti a migliorare le proprie abilità. In questo primo articolo consideriamo la natura particellare della materia.

Il mondo che non vediamo a volte è diverso da ciò che sembra

Uno dei motivi che rendono la chimica difficile è connesso col fatto che la comprensione della logica chimica non deriva da ciò che si osserva, ma da schemi mentali astratti. Gran parte della struttura concettuale della chimica è basata sull'interazione reciproca tra mondo macroscopico e mondo sub-microscopico. In assenza di una conoscenza teorica specifica, anche se eseguiamo un esperimento, non riusciamo a 'vedere' perché i fatti sono oltre l'osservabile e il percepibile. "Poiché gli studenti costruiscono i loro concetti, la loro costruzione dei concetti chimici alle volte differisce da quella che l'istruttore possiede ed ha cercato di presentare." [3] Ed è necessario un grande impegno sia come studio che di riflessione per acquisire questi schemi mentali astratti.

Nel 1986 è stato pubblicato da parte di un gruppo di ricercatori in didattica del Weizmann Institute of Science un importante articolo dal titolo: un atomo di rame è malleabile? [4] Questo studio ha evidenziato le idee sbagliate di alcuni studenti connesse col modello atomico: hanno trovato che il 35% di studenti che studiavano chimica alle superiori erano incapaci di rappresentare in modo corretto una relativamente facile formula con dei cerchi per rappresentare gli atomi. Oppure gli atomi si espandono o si contraggono come la materia di cui essi sono parte. [5] Ma lo studio che ha avuto maggiore influenza diventando subito popolare perché spiegava le difficoltà incontrate dagli studenti nella comprensione del modello particellare in rapporto all'utilizzo dei simboli che usiamo e delle relazioni col mondo macroscopico, è il 'triangolo' di Johnstone (macro, sub-micro, simbolico). [6, 7] Se nelle spiegazioni ci muoviamo all'interno del triangolo, facilmente rendiamo la chimica difficile, o impossibile, a molti studenti. "Why must we inflict all three levels simultaneously on young people?" si chiede Johnstone. L'esistenza in chimica di tre livelli di spiegazione distinti Johnstone l'aveva individuata in un articolo apparso nel 1982. [8] Tuttavia, la barriera non è dovuta all'esistenza dei tre livelli di rappresentazione della materia, ma al fatto che l'istruzione viene condotta a livello astratto: il livello simbolico. [9]

Una considerevole mole di lavoro per comprendere le difficoltà connesse con la natura particellare della materia è stata svolta da Dorothy Gabel dell'Indiana University in Bloomington. Col suo gruppo ha studiato le idee della natura particellare della materia di futuri insegnanti elementari, utilizzando il test "Nature of Matter Inventory". [10] Attributi quali la regolarità e la conservazione delle particelle venivano ignorati dagli studenti in oltre il 50% degli esempi utilizzati nel test. Una idea sbagliata che risulta in molti studi è l'aumento delle dimensioni degli atomi nel passaggio dallo stato liquido a quello gassoso.

Conoscere le convinzioni scientifiche degli studenti è importante per noi insegnanti perché le idee preesistenti influenzano come gli studenti imparano le nuove conoscenze scientifiche e svolgono un ruolo essenziale nell'apprendimento successivo. [11, 12] Spesso queste concezioni sono difficili da cambiare perché nella mente degli studenti sono comprese in strutture concettuali coerenti, ancorché sbagliate. [13, 14] Bilanciare un'equazione non necessariamente significa comprendere il significato delle formule in termini di particelle che i simboli rappresentano. Ad esempio, soltanto metà dei 14 studenti delle scuole superiori intervistati erano capaci di rappresentare i corretti collegamenti degli atomi nelle molecole. [15]

Stains e Talanquer hanno studiato la classificazione delle reazioni chimiche intervistando 44 studenti universitari di chimica a vari livelli di formazione, inclusi 13 laureati inseriti nel programma PhD. [16] La natura delle rappresentazioni ha influenzato la maniera di ragionare degli studenti nel processo di classificazione. Le rappresentazioni più familiari delle reazioni chimiche in forma simbolica facilitavano la classificazione, mentre la maggior parte degli studenti doveva sforzarsi nell'assegnare il significato chimico alla rappresentazione microscopica delle reazioni chimiche. Uno studio analogo condotto su 88 insegnanti di chimica in formazione e 10 docenti universitari ha concluso che molti insegnanti ben preparati hanno visioni che differiscono da quelle correntemente accettate nella scienza che essi insegnano. [17] "È importante dare la possibilità agli studenti di usare le loro idee estendendo il significato di concetti appresi, così che gli studenti possano sviluppare le loro abilità nell'uso delle differenti rappresentazioni." [18]

Da circa 30 anni la ricerca educativa evidenzia le difficoltà e le idee sbagliate connesse con la natura particellare della materia e sono stati eseguiti studi sui possibili benefici dell'uso delle moderne tecnologie. I computer forniscono mezzi potenti per promuovere la comprensione molecolare perché possono rappresentare il pensiero chimico nei vari livelli ed hanno la capacità di presentare le informazioni in differenti, ancorché coordinati, sistemi simbolici e questo accresce l'apprendimento. [19] L'uso di multimedia [20, 21] e delle animazioni molecolari [22, 23] hanno effetti positivi, soprattutto se gli insegnanti danno suggerimenti, guidano nella comprensione e aiutano gli studenti a processare le nuove informazioni e fare collegamenti significativi con altri processi e sistemi chimici. Oppure se gli studenti sono tra loro coinvolti in discussioni significative mentre usano lo strumento di visualizzazione e fanno collegamenti tra quanto viene visualizzato e gli aspetti concettuali delle rappresentazioni. [24] Comprendere il significato delle rappresentazioni chimiche è importante perché "Le strutture chimiche sono tra i marchi distintivi della nostra professione, sicuramente chimici come le beute, i becher e le colonne di distillazione." [25]

Nell'introduzione si constatava come la ricerca educativa abbia scarsa influenza nel contenuto e nel modo in cui i libri di testo vengono scritti. Le cose sono cambiate? Purtroppo no: la ricerca educativa continua ad essere ignorata anche quando potrebbe migliorare la maniera in cui la chimica viene insegnata. Nonostante quanto risulta dalla ricerca, uno studio dimostra che nei libri di testo, non più dell'1% delle questioni riportate mirano a far muovere gli studenti tra le descrizioni macroscopiche, microscopiche e simboliche. [26]

L'apprendimento dei concetti verso il problem solving

Per capire in modo significativo il processo e ragionare manipolando simboli mentre si risolvono i problemi è necessario aver compreso la rappresentazione dei fenomeni chimici, sia a livello particellare che a quello macroscopico. Ma il saper risolvere in modo corretto certi tipi di problemi non ne garantisce la loro comprensione concettuale. Questa è la conclusione che risulta da uno studio di Susan Nurrenbern e Miles Pickering. In una ricerca che ha iniziato un nuo-

La natura particellare della materia e il Problem Solving

vo filone di indagine, hanno chiesto a studenti universitari sia di risolvere alcuni problemi tradizionali sui gas che di rispondere a questioni senza contenuto matematico ma che richiedevano la comprensione concettuale dei gas. [27] In tutte le domande, il numero di risposte corrette dei problemi matematici è stato superiore al numero di risposte corrette dei problemi concettuali. Il test utilizzato si è dimostrato affidabile e valido come risulta dalla distribuzione delle risposte in quattro università e nell'arco di tempo di venti anni [28], anche se la forma statica dei disegni non può mostrare la variazione che avviene nel moto delle particelle quando il campione del gas viene raffreddato. [29] Lo studio è stato ripetuto da Barbara Sawrey, che ha anche considerato il quartile di studenti migliori e il quartile di studenti più deboli. Il risultato dello studio ha dimostrato che anche gli studenti più bravi hanno difficoltà con le domande concettuali. [30] Forse lo scopo di un insegnamento di successo deve essere quello di aiutare gli studenti a ragionare e a considerare il problem solving come un processo e non ad accontentarsi di ottenere il risultato corretto. "Colmare il gap tra ragionamento concettuale e problem solving algoritmico può comportare una varietà di benefici. Gli studenti interessati alla chimica svilupperanno una migliore comprensione concettuale oltre ad essere competenti matematici mentre quelli non interessati possono risultare incuriositi interagendo con i concetti." [31] Un tipo di insegnamento che rende esplicito il livello considerato e fornisce collegamenti tra il livello macroscopico, microscopico e simbolico aiuta gli studenti, come pure l'uso di rappresentazioni multiple e coordinate, che aiutano gli studenti a sviluppare modelli mentali dei fenomeni chimici. [14, 19, 20, 24, 32, 33] È nostro compito aiutare gli studenti a costruire la loro conoscenza e fornire esempi e contesti differenti per estendere la validità di quanto appreso perché gli studenti hanno difficoltà ad applicare la loro conoscenza in ambiti differenti dal contesto in cui l'hanno imparata. [7, 13, 18] Strategie per organizzare e dirigere il ragionamento e l'impiego delle thinking frames aumentano significativamente le abilità metacognitive. [34, 35]

Le difficoltà nel problem solving

È riportato in letteratura che molte sono le difficoltà che gli studenti incontrano nel problem solving. Ma per quello che è necessario in questo articolo, restringiamo l'analisi alla rappresentazione del problema e alla traduzione in formula algebriche di affermazioni compiute.

Una parte delle difficoltà logiche che gli studenti incontrano quando risolvono problemi connessi con la natura particellare della materia, sono illustrate dal problema che segue. Qual è l'equazione che rappresenta la seguente relazione: all'Università ci sono sei studenti (S) per ogni professore (P). [36]

$$[A] 6S = P$$

$$[B] S = 6P$$

Gli Autori riportano che un numero molto grande di studenti (37%) iscritti al primo anno del corso di laurea in ingegneria sbaglia la soluzione. Questo è vero ancora oggi per gli studenti iscritti nelle nostre Università. Anche studenti diplomati col massimo dei voti sbagliano questo ed altri problemi contenenti relazioni logiche. Le relazioni proporzionali sono parte essenziale di molte idee insegnate nel corso di chimica generale e gli studenti che non comprendono le proporzioni, per certo incontreranno notevoli difficoltà. Spesso negli anni è stato suggerito agli studenti di risolvere il problema: Quante molecole di ossigeno si potrebbero ottenere da 10,00 g di carbonato di sodio? Le sei soluzioni sbagliate e quella corretta sono riportate in un testo di stechiometria. [37]

Mansoor Niaz ha studiato la capacità degli studenti di risolvere un test sul ragionamento proporzionale, correlando i risultati con la dipendenza o l'indipendenza dal campo (Field dependence/independence; FD/FI). FD/FI è una misura psicologica standard che evidenzia tra l'altro l'abilità di una persona di separare le informazioni essenziali dal resto; un po' come separare il "segnale" dal "rumore". [38, 39] Niaz ha trovato che gli studenti FD sono molto più influenzati dal campo percettivo. L'Autore suggerisce che "gli insegnanti di scienze devono essere consapevoli del ruolo giocato dallo stile cognitivo" perché "il successo degli studenti FD può dipendere dalla loro abilità di tradurre frasi in equazioni algebriche." [40] Lo studio di Clement e coll. è stato ripetuto in contesti diversi, ma ancora il numero di studenti che sbagliano è elevato. [41]

I risultati dello studio

Il modello atomico è a fondamento dello studio della chimica sia nelle scuole superiori che all'università. Come docenti ci impegniamo al meglio per spiegare questi concetti e coscientemente cerchiamo di verificarne la conoscenza nei nostri studenti. Poi ci sentiamo orgogliosi della loro preparazione e del nostro lavoro; infatti non abbiamo motivo per non esserlo: agli esami gli studenti sanno rispondere alle domande. Ma la conoscenza non è la stessa cosa della comprensione. Il dubbio è sorto quando sono state elaborate le risposte al problema: Quante molecole di ossigeno sono contenute in 10,00 g di ossido di ferro(III)? [1] $1,414 \times 10^{22}$; [2] $2,262 \times 10^{22}$; [3] $3,771 \times 10^{22}$; [4] $5,656 \times 10^{22}$; [5] NDP. (NDP significa: nessuna delle precedenti)

Soltanto 15 studenti su 87 (17,2%) hanno dato la risposta corretta ([4]). La maggioranza degli studenti ha sbagliato il problema perché ha usato relazioni inconsistenti; ad esempio il tipico ragionamento sbagliato è: 1 mol O₃ 1 mol O₂ (1 mole O₃ è in relazione con 1 mole O₂). L'uso di questa relazione conduce alla risposta [C] (33,3%). Invece, alcune delle

risposte [5] hanno usato il procedimento:

$$10,00 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 = 6,262 \times 10^{-2} \text{ mol Fe}_2\text{O}_3$$

$$1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3 \text{ 3 mol O}$$

$$(6,262 \times 10^{-2} \text{ mol Fe}_2\text{O}_3) \times (3 \text{ mol O} / 1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3) = 1,879 \times 10^{-1} \text{ mol O}$$

$$(1,879 \times 10^{-1} \text{ mol O}) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ molecole O/mol O}) = 1,131 \times 10^{23} \text{ molecole O}$$

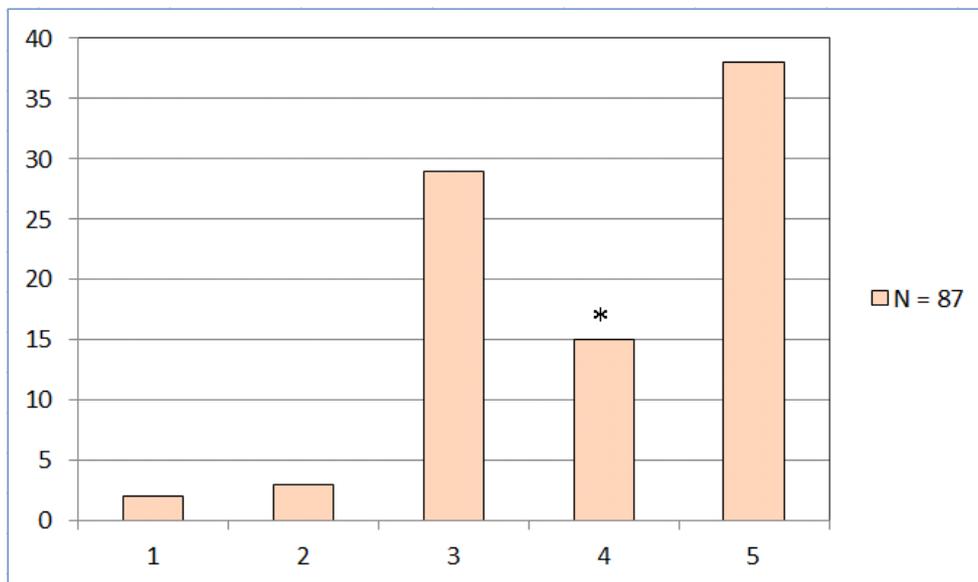


Figura 1. Soltanto il 17,2% degli studenti riesce a trovare la risposta corretta. La grande maggioranza degli studenti non riesce a trovare un risultato coincidente o sufficientemente vicino ad una delle risposte fornite.

Così, è ragionevole pensare che una parte degli studenti nei calcoli non conosca la differenza tra atomo e molecola. Per confermare questa ipotesi e per raccogliere più dati da sottoporre ad analisi è stato utilizzato il test di Friedel-Maloney [42].

A1 - Quanti atomi di ossigeno sono presenti in un reattore contenente 288 g di O_3 ? ($48,0 \text{ g O}_3/\text{mol O}_3$)

1) $3,61 \times 10^{24}$; 2) 18,0; 3) $1,08 \times 10^{25}$; 4) $1,20 \times 10^{24}$

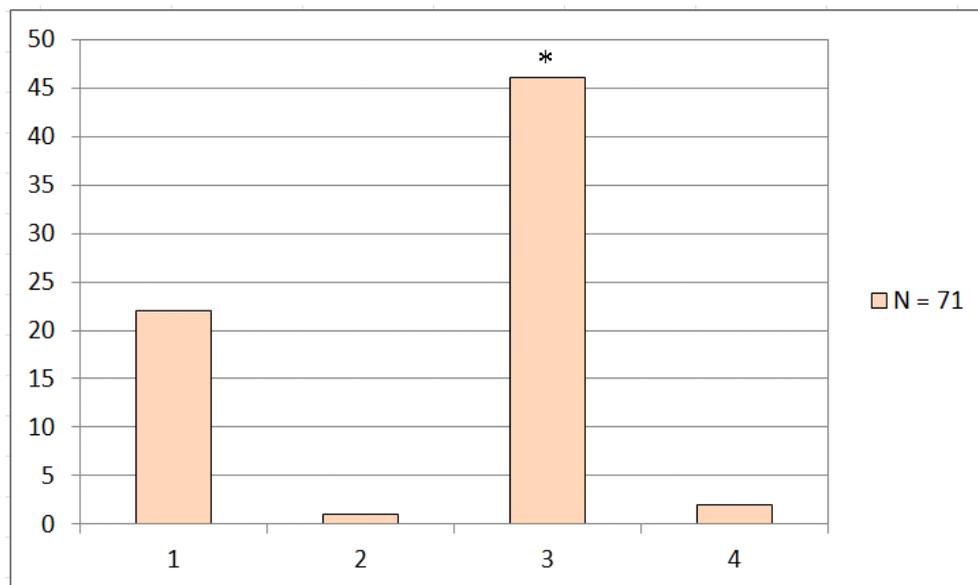


Figura 2. La risposta corretta è stata trovata dal 64,8% degli studenti, mentre il maggior distrattore è stato scelto dal 31,0% degli studenti.

La natura particellare della materia e il Problem Solving

A2 - Qual è la massa di un campione di P_4 che contiene $1,8 \times 10^5$ atomi? ($124 \text{ g } P_4/\text{mol } P_4$)

1) $9,3 \times 10^{-18}$; 2) $3,7 \times 10^{-17}$; 3) $5,6 \cdot 10^6$; 4) $1,5 \times 10^{-16}$

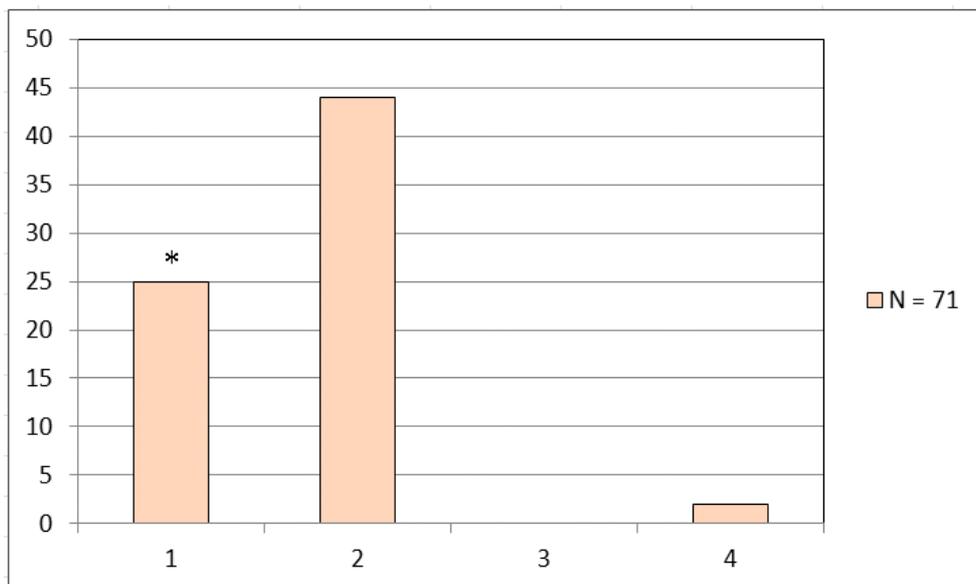


Figura 3. La risposta corretta è stata trovata dal 35,2% degli studenti, mentre il maggior distrattore è stato scelto dal 62,0% degli studenti.

A3 - Quanti atomi di zolfo sono contenuti in un campione di 963 g di S_6 ? ($32,1 \text{ g S/mol S}$)

1) $3,01 \times 10^{24}$; 2) 30,0; 3) $5,02 \times 10^{23}$; 4) $1,81 \times 10^{25}$

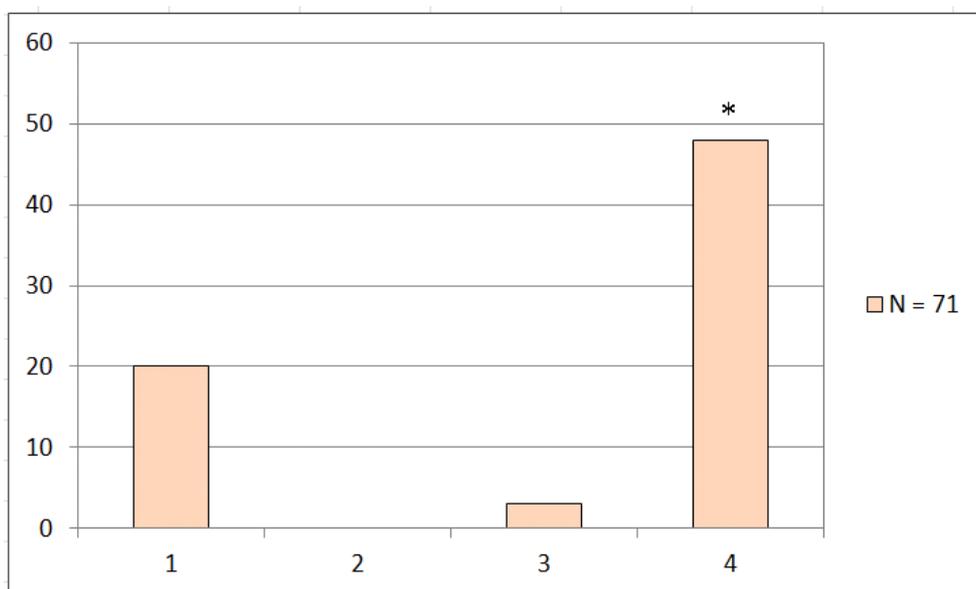


Figura 4. La risposta corretta è stata trovata dal 67,6% degli studenti, mentre il maggior distrattore è stato scelto dal 28,2% degli studenti.

Nello studio menzionato, le percentuali di risposte corrette per studenti di Ingegneria sono: 41% per O_3 ; 24% per P_4 e 43% per S_6 . [42]

A4 - Qual è la massa di un campione di S_8 contenente $2,41 \times 10^{24}$ atomi? (32,1 g S/mol S)

- 1) 16,1 g; 2) $7,74 \times 10^{25}$ g; 3) 128,4 g; 4) $9,68 \times 10^{24}$ g; 5) $1,03 \times 10^3$ g

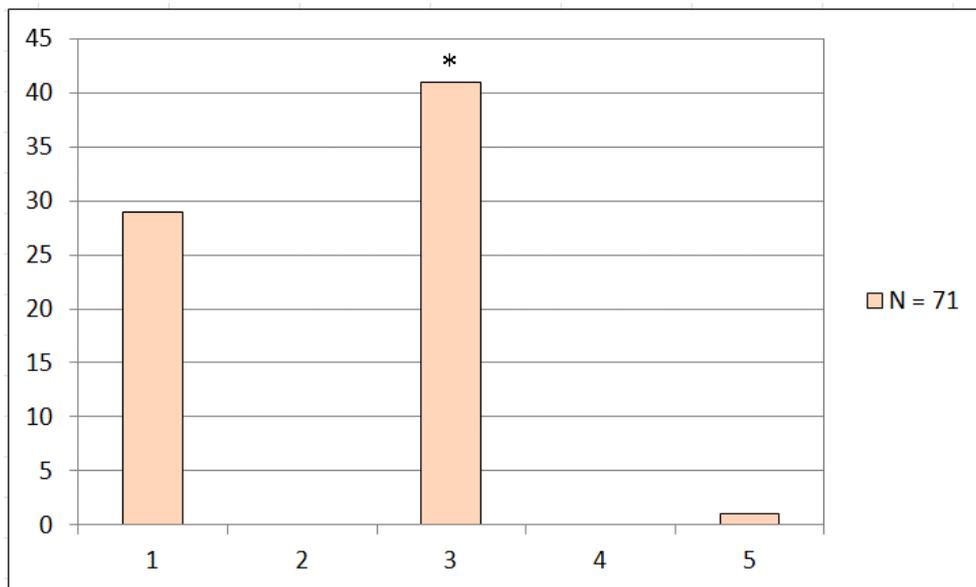


Figura 5. La risposta corretta è stata trovata dal 57,7% degli studenti, mentre il maggior distrattore è stato scelto dal 40,8% degli studenti.

A5 - Cinque recipienti contengono 10,00 g delle seguenti sostanze: A) $Fe_2(SO_4)_3$; B) Na_2CO_3 ; C) MgO; D) NH_4NO_3 ; E) $KMnO_4$. Classificare i campioni in ordine decrescente di numero di atomi di ossigeno. (399,9 g $Fe_2(SO_4)_3$ /mol $Fe_2(SO_4)_3$; 106,0 g Na_2CO_3 /mol Na_2CO_3 ; 40,31 g MgO/mol MgO; 80,05 g NH_4NO_3 /mol NH_4NO_3 ; 158,0 g $KMnO_4$ /mol $KMnO_4$).

- 1) ... 2) ... 3) ... 4) ... 5) ...

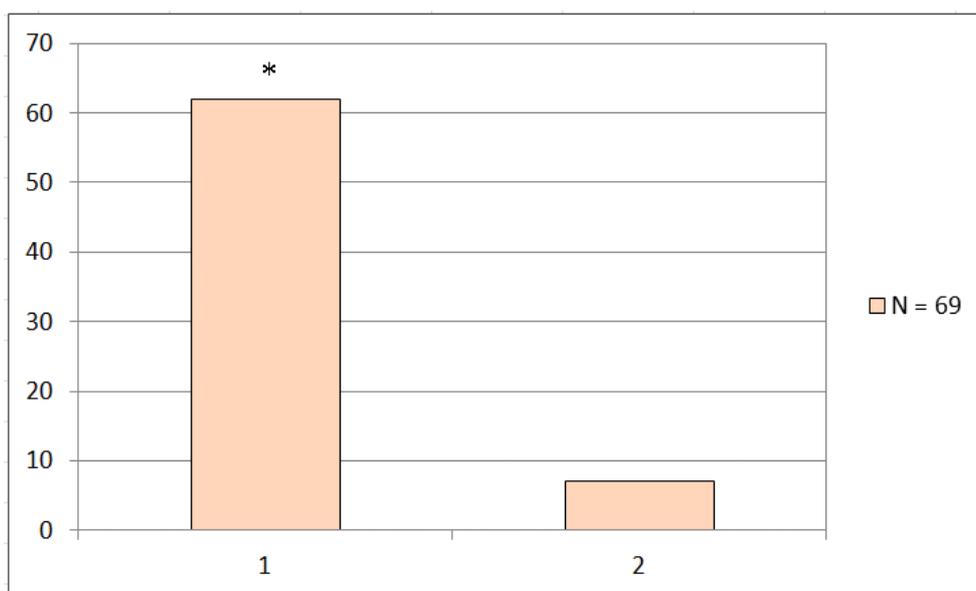


Figura 5. Classificazione dei campioni: l'89,9% degli studenti risolve in modo corretto questa prova.

La natura particellare della materia e il Problem Solving

2 studenti non hanno risposto; in una risposta sbagliata è stato calcolato il numero di atomi di O in $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ moltiplicando le moli per 20, invece che per 12. L'analisi dei procedimenti usati dagli studenti nella risoluzione dei problemi, rivela dove è mancata la comprensione concettuale.

A1 - Algoritmo verbale. 1) Divido la massa per il peso molecolare. 2) Trovate così le moli, le moltiplico per la costante di Avogadro.

$$(288 \text{ g O}_3)/(48,00 \text{ g O}_3/\text{mol O}_3) = 6,00 \text{ mol}$$

$$(6,00 \text{ mol}) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ atomi/mol}) = 3,61 \times 10^{24} \text{ atomi}$$

A2 - Algoritmo verbale. 1) Divido il numero di molecole per la costante di Avogadro. 2) Trovate le moli, le moltiplico per il peso molecolare.

$$(1,8 \times 10^5 \text{ atomi}) / (6,022 \times 10^{23} \text{ atomi/mol}) = 2,99 \times 10^{-19} \text{ mol}$$

$$(2,99 \times 10^{-19} \text{ mol}) \times (124 \text{ g/mol}) = 3,71 \times 10^{-17} \text{ g}$$

A3 - Algoritmo verbale. 1) Calcolo il peso molecolare di S_6 . 2) Divido la massa di S_6 per il peso molecolare di S_6 . 3) Calcolo il numero di atomi moltiplicando il numero di moli per la costante di Avogadro.

$$(963 \text{ g S}_6) / (6 \text{ mol S/mol S}_6)(32,1 \text{ g S/mol S}) = 5,00 \text{ mol S}$$

$$(5,00 \text{ mol S}_6) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ atomi/mol}) = 3,01 \times 10^{24} \text{ atomi}$$

A4 - Algoritmo verbale. 1) Divido il numero di atomi per la costante di Avogadro. 2) Moltiplico le moli così trovate di S_8 per il peso molecolare di S_8 .

$$(2,41 \times 10^{24} \text{ atomi}) / (6,022 \times 10^{23} \text{ atomi/mol}) = 4,00 \text{ mol S}_8$$

$$(4,00 \text{ mol S}_8) \times (8 \text{ mol S/mol S}_8) \times (32,1 \text{ g S/mol S}) = 1,03 \times 10^3 \text{ g S}$$

Una parte degli studenti non sa cosa rispondere alla domanda: $1,03 \times 10^3 \text{ g S}$ sono la stessa cosa di $1,03 \times 10^3 \text{ g S}_8$?

Un altro aspetto considerato in questo studio sono le capacità logiche degli studenti, misurate con il test Group Assessment of Logical Thinking (GALT); i risultati nel GALT [43], valor medio = 20,15; DS = 2,79, valori compresi tra 13 e 24.

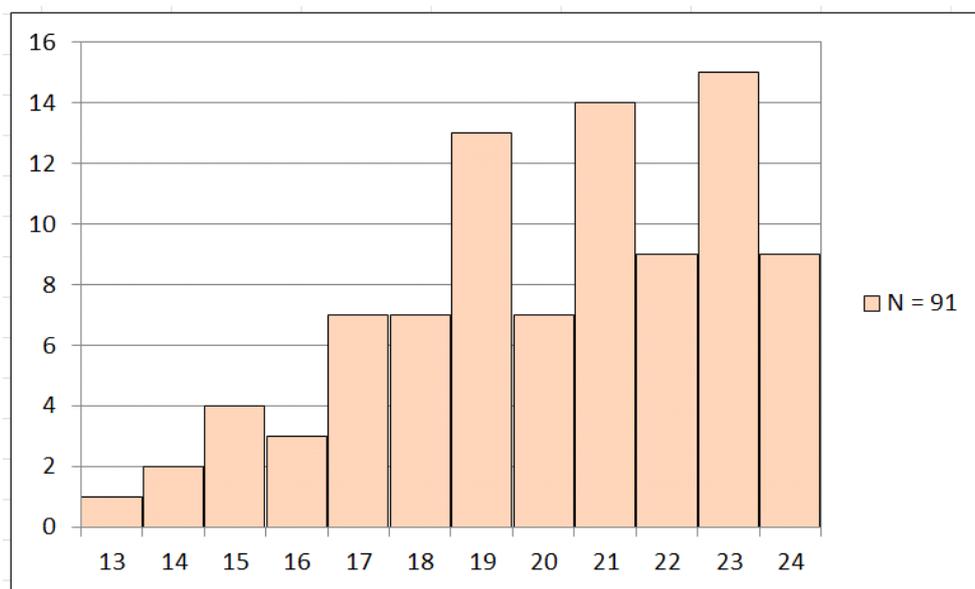


Figura 6. Risultati del test GALT.

I risultati del test GALT assicurano che le capacità logiche degli studenti sono medie o medio-elevate. Infatti possiamo confrontare questi risultati con dei valori riportati per tre classi: classe 1, valor medio = 15,0; classe 2, valor medio = 12,96; classe 3, valor medio = 12,08. [44] Perciò il miglioramento dei risultati degli studenti del test di Friedel-Maloney va cercato in una migliore comprensione dei concetti chimici e delle deduzioni logiche connesse al ragionamento proporzionale.

Una possibile soluzione del problema

Da quanto è stato finora riportato, una possibile soluzione del problema va ricercata abituando gli studenti a rappresentare il problema. Siccome la capacità della memoria di lavoro è limitata, è meglio caricarla il meno possibile con informazioni non essenziali.[45] La rappresentazione esterna del problema consiste nel riportare su un foglio uno schema, una reazione bilanciata, un disegno che riporti gli oggetti essenziali su cui la nostra mente possa fare delle trasformazioni, ricavare delle relazioni, ragionare per costruire schemi più complessi, ecc. L'uso delle rappresentazioni è essenziale per diventare esperti. Kozma ha trovato significative differenze tra le rappresentazioni di novizi e quelle di chimici esperti. [46] Ritornando al primo problema, dobbiamo trovare la relazione che esiste tra ossido di ferro (III) ed ossigeno con l'uso di una rappresentazione (3):



Figura 7. Rappresentazione delle molecole Fe_2O_3 e O_2 per ricavare le relazioni corrette.

Contando gli atomi di ossigeno contenuti in una molecola Fe_2O_3 e gli atomi di ossigeno contenuti in una molecola O_2 , si ottengono le relazioni:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3 & 3 \text{ mol O;} \\ 1 \text{ molecola } \text{O}_2 & 2 \text{ atomi O} \end{aligned}$$

Si possono ora ricavare i rapporti stechiometrici (rs) ponendo queste relazioni nella forma di un rapporto tra l'informazione cercata e l'informazione data. Allora:

$$rs = 3 \text{ mol O} / 1 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3$$

e,

$$rs = 1 \text{ molecola } \text{O}_2 / 2 \text{ atomi O}$$

Utilizzando questi rapporti stechiometrici si risolve il problema in modo corretto.

Conclusioni

I dati ricavati dallo studio dimostrano che una parte significativa degli studenti non ha acquisito in modo operativo la differenza tra atomo e molecola: ciò richiede una modifica della didattica. L'uso di rappresentazioni della natura particellare della materia può essere di aiuto allo studente nella comprensione concettuale e nella verifica delle relazioni stechiometriche che usa nella risoluzione di problemi chimici. Il metodo presentato, ancorché semplice, si è dimostrato efficace: un problema analogo, che invece dell'ossido di ferro(III) utilizzava il solfato di ferro(III) è stato risolto in modo corretto dal 94,4% degli studenti. [47] Con interventi di sostegno mirati ai pochi studenti con difficoltà, il successo è per tutti. Questo è importante perché queste abilità logiche sono alla base di tutto il calcolo stechiometrico. Inoltre, se gli studenti hanno successo, è più facile che si innamorino della chimica.

Come risulta dalla letteratura, le limitazioni e le difficoltà degli studenti rispetto ad un maggiore approfondimento dei concetti chimici sono dovute a diverse cause tra le quali la mancanza di modelli mentali e il limitato numero di rappresentazioni con le quali gli studenti hanno avuto modo di familiarizzare. In questo modo facciamo un servizio agli studenti perché li aiutiamo a diventare più abili. La buona ricerca educativa è quella che non solo utilizza procedure adeguate negli studi, ma che produce risultati che servono a migliorare la pratica educativa. [48]

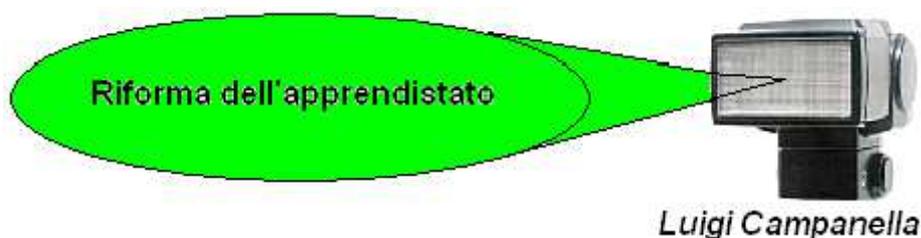
Bibliografia

1. J. Dudley Herron, What research says and how it can be used, *Journal of Chemical Education*, **1983**, 60 (10), 888-890. "Research unfortunately has had little influence on the writing of chemistry texts".
2. J. J. Lagowski, Educating nonscientists, *Journal of Chemical Education*, **1991**, 68 (6), 447. "We don't need more science majors, we need nonscience majors who are better informed about science and who represent the overwhelming majority of our future citizens."
3. M. B. Nakhleh, Why some students don't learn chemistry, *Journal of Chemical Education*, **1992**, 69 (3), 191-196. "Since students do build their own concepts, their constructions of a chemical concept sometimes differ from the one that the instructor holds and has tried to present."
4. R. Ben-Zvi, B.-S. Eylon, J. Silberstein, Is an atom of copper malleable?, *Journal of Chemical Education*, **1986**, 63 (1), 64-66.

La natura particellare della materia e il Problem Solving

5. A. G Harrison, D. F Treagust, The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In Gilbert, J. G., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F., van Driel, J. H. (Eds.), *Chemical education: Towards research based practice*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 2002, 189-212.
6. A. H. Johnstone, Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, *Journal of Computer Assisted Learning*, **1991**, 7, 75-83.
7. A. H. Johnstone, The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand, *Journal of Chemical Education*, **1993**, 70 (9), 701-705.
8. A. H. Johnstone, Macro- and microchemistry, *School Science Review*, **1982**, 64, 377-379.
9. D. Gabel, Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future, *Journal of Chemical Education*, **1999**, 76 (4), 548-554. "The primary barrier to understanding chemistry, however, is not the existence of the three levels of representing matter. It is that chemistry instruction occurs predominantly on the most abstract level, the symbolic level."
10. D. L. Gabel, K. V. Samuel, D. Hunn, Understanding the particulate nature of matter, *Journal of Chemical Education*, **1987**, 64 (8), 695-697.
11. R. Driver, V. Oldham, A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, **1986**, 13, 105-122.
12. L. Mammino, L. Cardellini, Studying students' understanding of the interplay between the microscopic and the macroscopic descriptions in chemistry, *Journal of Baltic Science Education*, **2005**, 7 (1), 51-62.
13. G. M. Bodner, I have found you an argument. The conceptual knowledge of beginning chemistry graduate students, *Journal of Chemical Education*, **1991**, 68 (5), 385-388.
14. A. L. Chandrasegaran, D. F. Treagust, M. Mocerino, Emphasizing multiple levels of representation to enhance students' understandings of the changes occurring during chemical reactions, *Journal of Chemical Education*, **2009**, 86 (12), 1433-1436.
15. W. L. Yaroch, Student understanding of chemical equation balancing, *Journal of Research in Science Teaching*, **1985**, 22 (5), 449-459.
16. M. Stains, V. Talanquer, Classification of chemical reactions: Stages of expertise, *Journal of Research in Science Teaching*, **2008**, 45 (7), 771-793.
17. K.-W. L. Lee, A comparison of university lecturers' and pre-service teachers' understanding of a chemical reaction at the particulate level, *Journal of Chemical Education*, **1999**, 76 (7), 1008-1012.
18. M. E. Hinton, M. B. Nakhleh, Students' microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions, *The Chemical Educator*, **1999**, 4, 158-167. "... it is also important for educators to provide opportunities for students to use these ideas and to extend upon them so that students can develop their own abilities to use the different representations."
19. R. Kozma, Learning with media, *Review of Educational Research*, **1991**, 61 (2), 179-212.
20. R. B. Kozma, J. Russell, Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena, *Journal of Research in Science Teaching*, **1997**, 34 (9), 949-968.
21. D. Ardac, S. Akaygun, Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change, *Journal of Research in Science Teaching*, **2004**, 41 (4), 317-337.
22. K. A. Burke, T. J. Greenbowe, M. A. Windschitl, Developing and using conceptual computer animations for chemistry instruction, *Journal of Chemical Education*, **1998**, 75 (12), 1658-1661.
23. R. M. Kelly, L. L. Jones, Investigating students' ability to transfer ideas learned from molecular animations of the dissolution process, *Journal of Chemical Education*, **2008**, 85 (2), 303-309.
24. H.-K. Wu, J. S. Krajcik, E. Soloway, Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom, *Journal of Research in Science Teaching*, **2001**, 38 (7), 821-842.
25. R. Hoffmann, P. Laszlo, Representation in chemistry, *Angewandte Chemie International Edition in English*, **1991**, 30 (1), 1-16. "Chemical structures are among the trademarks of our profession, as surely chemical as flasks, beakers, and distillation columns."
26. K. Davila, V. Talanquer, Classifying End-of-Chapter Questions and Problems for Selected General Chemistry Textbooks Used in the United States, *Journal of Chemical Education*, **2010**, 87 (1), 97-101. "Despite the multiple calls from science and chemical educators to create opportunities for students to learn how to navigate between the macroscopic, particulate, and symbolic ways of describing the world in chemistry, no more than 1% of the questions in the analyzed textbooks target this skill."
27. S. C. Nurrenbern, M. Pickering, Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, **1987**, 64 (6), 508-510.
28. M. J. Sanger, A. J. Phelps, What are students thinking when they pick their answer? A content analysis of students' explanations of gas properties, *Journal of Chemical Education*, **2007**, 84 (5), 870-874.
29. M. J. Sanger, E. Campbell, J. Felker, C. Spencer, "Concept learning versus problem solving": Does particle motion have an effect?, *Journal of Chemical Education*, **2007**, 84 (5), 875-879.
30. B. A. Sawrey, Concept learning versus problem solving: Revisited, *Journal of Chemical Education*, **1990**, 67 (3), 253-254.
31. A. J. Phelps, Teaching to enhance problem solving: It's more than the numbers, *Journal of Chemical Education*, **1996**, 73 (4), 301-304. "Bridging the gap between conceptual thinking and algorithmic problem solving could have a variety of benefits. The students interested in chemistry would develop better conceptual understandings in addition to being competent mathematicians and students currently not interested in chemistry may become more intrigued through interaction with the concepts."
32. J. W. Russell, R. B. Kozma, T. Jones, J. Wykoff, N. Marx, J. Davis, Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts, *Journal of Chemical Education*, **1997**, 74 (3), 330-334.
33. M. J. Sanger, Using particulate drawings to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixtures, *Journal of Chemical Education*, **2000**, 77 (6), 762-766.

34. D. N. Perkins, Thinking frames, *Educational Leadership*, **1986**, 43 (8), 4-10.
35. D. Rickey, A. M. Stacy, The role of metacognition in learning chemistry, *Journal of Chemical Education*, **2000**, 77 (7), 915-920.
36. J. Clement, J. Lochhead, G. S. Monk, Translation difficulties in learning mathematics, *American Mathematical Monthly*, **1981**, 88 (4), 286-290.
37. L. Cardellini, *Mindtools: strategie per il problem solving in chimica*, Libreria Scientifica Ragni, Ancona, 2010, pp. 82-83.
38. H. A. Witkin, D. R. Goodenough, *Cognitive styles: essence and origins. Field dependence and field independence*, International Universities Press, Inc.: New York, 1981, cap. 2.
39. C. Gobbo, S. Morra, *Lo sviluppo mentale. Prospettive neopiagetiane*, Il Mulino: Bologna 1997, pp. 57-59.
40. M. Niaz, The role of cognitive style and its influence on proportional reasoning, *Journal of Research in Science Teaching*, **1989**, 26 (3), 221-235. "Science teachers must be aware of the role played by cognitive style ... The success of FD Ss may be dependent on their ability to translate sentences into algebraic equations."
41. M. Niaz, J. D. Herron, A. J. Phelps, The effect of context on the translation of sentences into algebraic equations, *Journal of Chemical Education*, **1991**, 68 (4), 306-309.
42. A. W. Friedel, D. P. Maloney, Those baffling subscripts, *Journal of Chemical Education*, **1995**, 72 (10), 899-905.
43. V. Roadrangka, R. H. Yeany and M. J. Padilla, The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT), paper presented at the Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Unpublished paper, Dallas, 1983.
44. D. L. Gabel, Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding, *Journal of Chemical Education*, **1993**, 70 (3), 193-194.
45. G. A. Miller, The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information, *Psychological Review*, **1956**, 63 (2), 81-97.
46. R. B. Kozma, The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry. In M. Jacobson & R. Kozma (Eds.), *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning* (pp. 11-46), Mahwah, NJ: Erlbaum, 2000.
47. L. Cardellini, Fattori di conversione e rapporti stechiometrici: strumenti logici per la risoluzione dei problemi, *La Chimica nella Scuola*, **1996**, 18 (5), 148-151.
48. H. Burkhardt, A. H. Schoenfeld, Improving educational research: Toward a more useful, more influential, and better-funded enterprise, *Educational Researcher*, **2003**, 32 (9), 3-14.



Nel luglio 2011 il Consiglio dei ministri ha approvato una "riforma dell'apprendistato" presentata come il principale canale di ingresso nel mondo del lavoro dei giovani italiani. L'idea della riforma è quella di demandare alle parti sociali, attraverso la contrattazione collettiva, la definizione di specifiche clausole contrattuali legate alla formazione e all'inserimento contrattuale e presumibilmente anche la gestione dei percorsi formativi. La legge approvata si limita a stabilire la durata dell'apprendistato in tre anni e a individuare quattro tipologie di apprendistato:

- ▶ quello per la "qualifica e il diploma professionale" per gli under 25 con la possibilità di acquisire un titolo di studio in ambiente di lavoro;
- ▶ quello "di mestiere" per i giovani tra i 18 e i 29 anni che potranno apprendere un mestiere o una professione in ambiente di lavoro;
- ▶ quello di "alta formazione e ricerca" per conseguire titoli di studio specialistici, universitari e post-universitari e per la formazione di giovani ricercatori per il settore privato;
- ▶ quello per la "riqualificazione di lavoratori in mobilità" espulsi da processi produttivi.