

Da un'indagine, spunti per la Chimica Indagine nella scuola secondaria - II parte

MARIA ANTONIETTA CARROZZA *

Riassunto

Dopo aver affrontato il fondamento dell'innovazione metodologica insito nella sperimentazione dei programmi Brocca, in particolare nell'indirizzo scientifico tecnologico e aver sottolineato l'importanza dell'analisi della disciplina insegnamento, si pone l'accento, considerando nuclei fondanti quali stati della materia e trasformazioni di stato, sullo stato delle competenze culturali e metodologiche con cui studenti di biennio accedono al triennio. La somministrazione di un questionario ad allievi del triennio del liceo scientifico tecnologico ed ordinario, mette in luce alcuni problemi relativi al processo di insegnamento/ apprendimento che evidenziano come nella nostra scuola, a tutti i livelli di formazione, l'insegnamento di discipline a carattere sperimentale abbia ancora spiccatamente tipologia descrittiva.

Abstract

After the treatise of the innovation carried out by "Brocca" scholastic programs, in this second part of the paper, we analyze the cultural and methodological knowledge of the students passing from the second to the third class, taking in consideration fundamental concepts such as the state of the matter and the state transformation.

For this purpose, we have given a questionnaire to students of the final three years of the scientific technologic and ordinary lyceum. The results outline that there are a few problems related to the teaching/ learning process and that in our school, at every formation level, the teaching of experimental disciplines is still essentially descriptive.

1. Introduzione

portiamo avanti il discorso del precedente intervento di cui richiamiamo i punti essenziali:

- I programmi Brocca hanno costituito un tentativo di rinnovamento della scuola secondaria superiore italiana, il rinnovamento può essere possibile solo mettendo in atto un'innovazione metodologica che comporti l'abbandono del modello trasmissivo dell'insegnamento a favore di quello cognitivista.

- A tal proposito occorre ridefinire il ruolo dell'insegnante nel processo insegnamento/ apprendimento che diventa un facilitatore dell'apprendimento invece che produttore di conoscenze.

- Molti studi sono stati condotti sia sul funzionamento della mente umana sia su nuove e interessanti modalità di verifica/valutazione, quali ad esempio la narrazione la cui adozione mette in evidenza da una parte gli aspetti formativi per il singolo e per il gruppo, dall'altra la necessità di abbandonare un modello trasmissivo dell'insegnamento a favore di uno cognitivista.

- L'innovazione metodologica rende necessaria la riflessione sulla distinzione della tipologia di domande sottolineando come le domande illegittime siano domande da sfavorire in un processo di insegnamento/apprendimento e come sia indispensabile nell'insegnamento di una disciplina eseguire una attenta analisi disciplinare mantenendo integra, nella trasposizione didattica da disciplina "esperta" a disciplina insegnamento, la sua struttura sintattica.

- L'analisi disciplinare conduce alla individuazione di nuclei fondanti ad alto valore formativo per i discenti di una scuola di base superiore, portando avanti la necessità di discriminare, in ordine di tempo da impiegare nell'apprendimento, tra nuclei fondanti a forte valenza formativa e nuclei fondanti ad alto valore descrittivo.

- A tal proposito è stato proposto un questionario a studenti di classi terze di indirizzo di studi scientifico-tecnologico e ordinario di cui presento in questa II parte sia la tipologia che i risultati.

2. Indagine sui nuclei fondanti stati della materia e trasformazioni di stato

L'insegnamento della chimica nei licei scientifici a indirizzo tecnologico dovrebbe cominciare nella prima classe di scuola secondaria superiore con l'insegnamento del laboratorio di *chimica e fisica* che viene condotto per cinque ore settimanali; in questo indirizzo il numero di ore che il legislatore ha voluto assegnare all'apprendimento di queste due discipline e il fatto che esse siano state accorpate in un unico insegnamento risponde ad un disegno ben preciso, svelato nel corso delle tante discussioni che hanno accompagnato la nascita e la messa in opera della sperimentazione di questo insegnamento. La nuova disciplina di insegnamento, negli intenti del legislatore, non vuole delineare un percorso di apprendimento che si presenti come l'intersezione di temi appartenenti alla fisica e alla chimica ma, come esplicitamente sottolineato nei programmi, il corso intende far esperire ai discenti le metodologie e le procedure proprie dell'indagine scientifica. Metodologie e procedure si esperiscono se il percorso di insegnamento permette agli allievi di cimentarsi con i problemi per i quali le due discipline hanno trovato vie di soluzione. Il termine *laboratorio* è utilizzato volutamente con significato differente da "luogo dove si eseguono esperimenti" a "momento in cui si educa alle operazioni mentali e manuali sugli oggetti della conoscenza". L'attività pratica è orientata all'esercizio degli apparati intellettivi

ed esplicativi delle discipline oggetto di insegnamento anziché alla verifica di leggi e principi studiati in classe su un libro di testo. Il fatto di accorpare le due discipline in un unico insegnamento risponde alle esigenze di partire da un problema del mondo fenomenologico e di impadronirsi della sua conoscenza mediante l'utilizzo degli apparati processuali delle due discipline.

Con questo bagaglio culturale e metodologico studenti che hanno superato un biennio di liceo scientifico tecnologico dovrebbero accedere a un triennio dove le discipline di insegnamento, fisica e chimica, sono oggetto di insegnamento non più congiunto ma separato.

L'indagine eseguita per più anni su studenti (circa 250) che avevano concluso il biennio ad indirizzo sperimentale ed ordinario relativamente ai nuclei concettuali *stati della materia e passaggi di stato* ha messo in evidenza alcuni rilevanti problemi nel processo di insegnamento/apprendimento di questi due nuclei fondanti e i risultati non si discostano nei due indirizzi di studi. Una analoga indagine è stata condotta per più anni su laureati in ingresso ai corsi di perfezionamento in didattica della chimica dell'Università di Modena ed anche qui i risultati hanno messo in luce alcuni aspetti problematici nella concettualizzazione degli stati della materia e dei passaggi di stato.

3. Il questionario

A studenti in uscita dal biennio è stato somministrato un questionario per rilevare i saperi in ingresso relativi a questi due nuclei fondanti disciplinari; le domande del questionario miravano a indagare non tanto il possesso di conoscenze dichiarative quanto:

- la consapevolezza della maturazione di processi semplici come quello classificatorio,
- l'utilizzo del linguaggio scientifico per definire (o catalogare) fenomeni normalmente presenti nella vita di tutti i giorni,
- la rappresentazione mentale di un fenomeno che lo studente si costruisce dopo averlo esperito,
- la lettura dei dati di una rappresentazione grafica di processi di riscaldamento fino al passaggio di stato di una sostanza.

Riguardo al concetto di *stato della materia*, nel questionario (volutamente anonimo), sono state formulate le seguenti domande (1 e 2):

1. di seguito sono elencati in ordine alfabetico alcuni "oggetti": acqua, alcool, anidride carbonica, aria, birra, bruciato d'oro, farina, filo di rame, gesso, lamina di ferro, latte, ossigeno, pezzo di legno, plastica, sabbia. Raggruppa in tre insiemi gli "oggetti" elencati secondo il criterio dello stato fisico; spiega, caso per caso e in poche parole, perché hai inserito "l'oggetto" in quel dato gruppo.

(Per favorire la comprensione del testo, nel questionario sono state costruite tre tabelle simili alla seguente:

STATO:.....	MOTIVAZIONI
1.	
2.	
3.	
4.	
...	

2. Descrivi con semplici disegni:

- la disposizione delle particelle di acqua nel ghiaccio
- la disposizione delle particelle di acqua nell'acqua liquida

- la disposizione delle particelle di acqua nel vapore

Riguardo al concetto di *passaggi di stato* le domande poste nel questionario sono state le seguenti (3 e 4):

3. Accanto alle frasi che seguono scrivi a quale tipo di fenomeni fisici esse fanno riferimento:

Frase	Fenomeno fisico
Dopo la doccia i vetri della finestra erano appannati	
È tornato il sole e le strade si sono asciugate	
Questo inverno il lago era coperto di ghiaccio	
La naftalina sponde il suo odore nell'aria	
Aggiungi un po' di zucchero alla limonata, per favore	
Fai attenzione, il tuo gelato si sta sciogliendo!	

4. Di seguito sono riportati: in grafico 1 le curve relative ai processi di riscaldamento in ambiente a temperatura costante di due sostanze X e Y; nel grafico 2 è riportato l'andamento della temperatura di una sostanza Z che, dopo il processo di riscaldamento, viene posta in ambiente a temperatura costante

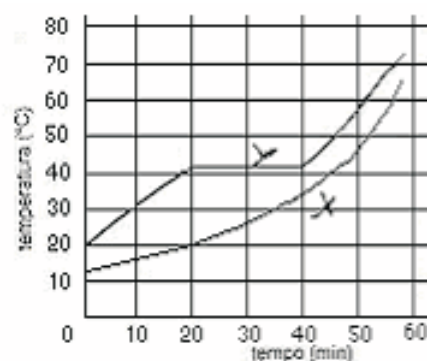


Grafico 1

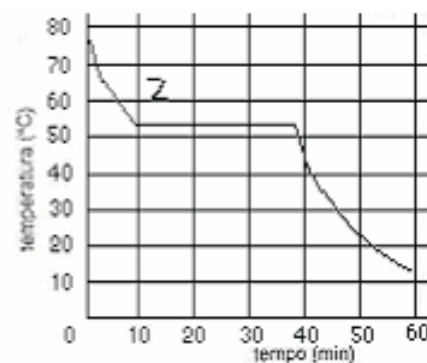


Grafico 2

- indica quali sostanze hanno subito il passaggio di stato e specifica il motivo che ti ha indotto a pensare che si tratta di un passaggio di stato,
- osserva con attenzione il grafico 2 e indica il nome del processo rappresentato, spiegando quali fatti ti hanno guidato nell'individuare il processo,
- segna con precisione sulle curve dove avviene il passaggio di stato delle sostanze e prova ad esplicitare a parole ciò che hai segnato nel grafico,
- illustra come si comporta la temperatura durante i processi di passaggio di stato.

4. Analisi dei risultati

Domanda n°1: i risultati del questionario hanno messo in evidenza che tutti gli studenti hanno sistemato gli "og-

getti" elencati correttamente negli stati appropriati, la maggior parte di essi però (75%), identificava come criterio di appartenenza ad uno stato, il fatto che l'oggetto considerato si trovasse allo stato solido, liquido o gassoso o che fosse un solido suddiviso alle ordinarie condizioni di temperatura, senza nemmeno considerare la pressione. Questa percentuale di studenti rispondeva infatti: "*questi materiali che ho individuato nello stato solido in natura si trovano allo stato solido*", facevano lo stesso per gli insiemi di oggetti inseriti nelle rispettive tabelle da loro contrassegnate come stato liquido e gassoso. Il 25% degli studenti individuava come criterio di classificazione di un "oggetto" in un dato stato solo la proprietà della forma.

Domanda n°2: le risposte hanno confermato quanto esplicitato in precedenza; nessun disegno riportato metteva in evidenza che il concetto di stato fisico era legato a proprietà come forma e volume.

Domanda n°3: i risultati hanno messo in evidenza che tutti gli studenti (100%) hanno identificato con precisione il fenomeno della solidificazione: infatti ognuno di loro ha individuato nella frase "*quest'inverno il lago era coperto di ghiaccio*" il fenomeno della solidificazione.

Solo il 10% degli studenti ha parlato di fusione nel caso della frase "*fai attenzione il tuo gelato si sta sciogliendo*", mentre l'80% ha riferito che si tratta di scioglimento e il 10% non risponde.

Il 100% degli studenti individua come *scioglimento* il processo di dissoluzione dello zucchero.

Il 68% degli studenti individua come *vaporizzazione* il fenomeno spiegato sia dalla frase "*dopo la doccia i vetri della finestra erano appannati*" sia "*è tornato il sole e le strade si sono asciugate*".

Il 77% degli studenti ha individuato nella frase "*la naftalina spande il suo odore nell'aria*" il fenomeno della sublimazione, il 23% lo ha individuato come fenomeno di evaporazione.

Domanda n°4: i risultati hanno messo in evidenza che gli studenti non presentano alcuna difficoltà ad individuare nei grafici le curve che rappresentano i cambiamenti di stato mentre le motivazioni che adducono sono più interessanti in quanto fanno rilevare nell'apprendimento di questi nuclei fondanti, la tendenza a far ricorso a informazioni memorizzate con uno studio teorico piuttosto che basarsi sulla reale lettura dei dati riportati in grafico. Infatti, relativamente alla domanda a), il 100% degli studenti individua correttamente quali sostanze passano di stato ma, nel motivare il passaggio, il 100% risponde che ha individuato il passaggio di stato grazie alla presenza della "*sosta termica*" (parole degli studenti). Non viene preso in considerazione da alcun alunno la lettura della temperatura e dell'intervallo di tempo in cui questa si mantiene costante. Relativamente alla domanda b), il 98% degli alunni ritiene che la curva del grafico 2 rappresenti il processo di passaggio di stato chiamato *solidificazione* riferendo che i fatti che li hanno guidati nella individuazione della trasformazione sono relativi alla diminuzione della temperatura e alla sosta termica. La lettura del grafico ovviamente non è corretta rispetto a ciò che la domanda chiede: infatti il processo rappresentato è il raffreddamento di una sostanza *fino al suo cambiamento di stato* e ulteriore raffreddamento nel tempo; nulla fa pensare, nella lettura del grafico, che si tratti di solidificazione: infatti non è riportato il nome della sostanza, né una tabella con i punti

di fusione e di ebollizione ad essa relativi. Solo il 2% risponde correttamente. Riguardo alla domanda c), il 100% degli allievi segna con correttezza e precisione sulla curva dove avviene il passaggio di stato, ma nella richiesta di riferire per iscritto, il 100% degli allievi risponde essenzialmente riportando quanto segue "*la temperatura della sosta termica delle due sostanze è...*" e legge correttamente la temperatura.

I problemi relativi a questa parte di risposta riguardano due aspetti: la tendenza a leggere il valore della temperatura di passaggio di stato senza considerare il suo andamento nell'intervallo di tempo in cui il passaggio di stato avviene, e la tendenza a considerare il termine *sosta termica*, che sta a significare, per loro, l'invarianza della temperatura in un dato intervallo di tempo durante il passaggio di stato, come sinonimo del processo di cambiamento stesso; mentre, è bene sottolinearlo, i termini si riferiscono al comportamento invariante della temperatura durante la trasformazione fisica in un dato intervallo di tempo. Nella domanda d), il 97% degli studenti riferisce che la temperatura varia, dimostrando di confondere il processo di riscaldamento o di raffreddamento riportati in grafico, in cui l'uno e l'altro processo sono condotti fino al cambiamento di stato fisico ed oltre, con il processo di passaggio di stato. Solo il 3% degli studenti risponde correttamente alla domanda.

5. Alcune riflessioni preliminari...

Alcune riflessioni sono necessarie dopo l'analisi di questi dati.

I risultati mettono in evidenza che gli studenti sottoposti all'indagine, nell'apprendimento del nucleo fondante *stati di aggregazione della materia e passaggi di stato* non hanno avuto modo di esperire, nel corso di tutta la loro carriera scolastica, che una osservazione sistematica e statica di un oggetto permette di conoscere l'oggetto isolandone le proprietà che più lo caratterizzano e sulle quali possono essere condotte osservazioni qualitative e quantitative. Queste proprietà costituiscono criteri che permettono la classificazione in insiemi differenti; l'operazione di classificazione è sempre una operazione di conoscenza qualitativa. Ad esempio, nell'osservazione di un "oggetto" allo *stato solido*, fin dalla scuola di base primaria, occorrerebbe abbandonare la descrizione nuda e cruda o la ripetizione mnemonica della descrizione ideale di un oggetto solido e passare alla manipolazione dell'oggetto stesso e all'identificazione delle proprietà che si presentano con regolarità in tutti gli "oggetti". E' necessario consolidare la consapevolezza che sono le regolarità rilevate che consentiranno la costruzione del concetto che verrà "etichettato", ad esempio, con i termini di "*stato solido*". La rappresentazione mentale di *stato solido* deve contenere perciò, le regolarità che identificano qualsiasi solido e cioè *forma e volume propri*. Per cui *bracciale d'oro, pezzo di legno, filo di rame, lamina di ferro...* presentano tutti una regolarità, cioè due proprietà caratteristiche, *forma e volume propri*, che consentono, se rilevate in "oggetti" mai visti, di classificarli nell'insieme "*stato solido*".

Lo stesso vale per gli stati liquido e gassoso che verranno identificati rispettivamente dalle proprietà: *forma* non propria e *volume proprio* per i liquidi; *forma* non propria e *volume* "non proprio" per i gas (sottolineo che il significato di *non proprio* è relativo al fatto che i gas occupano

tutto lo spazio a disposizione, non che non possiedono un loro volume). Per questo stato della materia un'altra proprietà, la comprimibilità, è la regolarità che permette di distinguerli rispetto agli altri due stati della materia.

Nella rappresentazione mentale di un oggetto, di un fenomeno, di un processo o di un evento esperito devono ritrovarsi le regolarità che permettono la costruzione di quella categoria concettuale, cioè le proprietà caratteristiche per cui un fenomeno, oggetto o processo è stato distinto da un altro.

I dati dell'indagine mettono in evidenza come, molto spesso, fenomeni sottoposti ad attività laboratoriali non sono messi in relazione con fenomeni rilevabili concretamente nella realtà che ci circonda (vedi domanda 3 e suoi risultati); ed inoltre che manca la consapevolezza che i termini del linguaggio specifico della scienza non sono semplicemente nomi, ma *concetti* e cioè “*designanti di oggetto o di gruppo*” (Aldo Borsese) che identificano pacchetti di proprietà caratteristiche; caratteristiche che, nel caso dei fenomeni di trasformazioni fisiche, danno luogo a cambiamenti ben precisi nelle proprietà degli stati di aggregazione.

Ad esempio, a questo livello di età (fine biennio di una scuola superiore), la costruzione della categoria concettuale identificata dal termine *fusione* , deve contenere che si sta considerando un fenomeno fisico che comporta un cambiamento di stato relativo ad una porzione di materia che perderà la forma propria, assumerà quella del recipiente che la contiene, cambierà il suo volume, conserverà la massa e la natura chimica e subirà quel processo solo se le condizioni ambientali di temperatura o pressione o entrambe, cambieranno fino al raggiungimento di valori caratteristici per ogni sostanza. Gli allievi devono cioè comprendere che “ *fusione* ” per un chimico non è semplicemente un termine specifico ma è una categoria concettuale ben precisa che contiene due altre “*sottocategorie*”, identificate da *proprietà che cambiano* e da *proprietà che si mantengono costanti* ; ed è verso la scoperta di queste categorie che deve mirare un processo di insegnamento/apprendimento. Per meglio precisare, il processo didattico deve tracciare un percorso ben preciso di insegnamento che tenga conto di queste categorie concettuali, che metta in atto strategie di insegnamento efficaci per la costruzione di queste trame concettuali, che sviluppi la consapevolezza nello studente degli schemi di azioni processuali impiegati per impadronirsi di quel determinato campo di conoscenza. Queste strategie di insegnamento cioè, da un lato devono salvaguardare la struttura della disciplina insegnamento nei suoi nuclei fondanti ad alto valore formativo, dall'altro devono far emergere, mediante attività metacognitiva, la consapevolezza delle strategie con cui lo studente si impadronisce di quel campo di conoscenza.

L'indagine ha fatto emergere altri due aspetti ricorrenti nel processo insegnamento/apprendimento: il primo è relativo alla tendenza a far ricorso ad informazioni incamerate per mezzo di uno studio teorico ed a servirsi di queste per interpretare un grafico, piuttosto che attenersi alla reale lettura dei dati riportati in grafico; il secondo riguarda il problema, sempre più comune negli studenti attuali, di adottare una lettura del testo scritto molto superficiale; questo aspetto coinvolge tutti gli altri insegnamenti e non solo quelli del settore scientifico, il problema è affrontabile solo con adeguata programmazione interdisciplinare sulle competenze trasversali da costruire, compito di tutto il

consiglio di classe e non solo di una sua componente.

6. ...e possibili interpretazioni

Poiché l'indagine è stata condotta sia su classi di indirizzo ordinario sia su classi sperimentali senza mostrare, riguardo a questi nuclei fondanti, sostanziali differenze nei risultati, si possono formulare due interpretazioni a riguardo.

La prima è relativa al fatto che l'insegnamento di questi temi potrebbe non aver subito sostanziali variazioni conservando, nonostante gli sforzi, carattere descrittivo.

La seconda riguarda l'aspetto privilegiato nell'insegnamento di queste tematiche.

Se è stato privilegiato lo studio *macroscopico* di un sistema, la sua conoscenza comporta la definizione di proprietà, rilevabili ad occhio nudo, che variano e di proprietà che restano costanti; questo approccio richiede il ricorso a sistemi concreti e fenomeni rilevabili nella realtà vissuta dai nostri allievi ed essi si appropriano di strumenti per leggere ed interpretare la realtà che li circonda. Sono spiegabili i risultati relativamente agli stati fisici della materia se nelle classi in cui l'indagine è stata condotta si è dato per scontato l'aspetto macroscopico.

Se invece si è privilegiato l'aspetto *microscopico*, il ricorso a proprietà come forma e volume non viene preso in considerazione. Intraprendere il percorso microscopico richiede, a questo livello di età, notevoli capacità di elaborazione e di astrazione; ed è, a mio parere, improponibile quando si trattano gli stati di aggregazione e le trasformazioni di stato. Diventa invece perfettamente proponibile dopo le leggi della chimica, in quanto stati fisici, passaggi di stato e leggi ponderali portano naturalmente a formulare un modello interpretativo microscopico della materia. È chiaro allora che il ricorso al concetto di particella non è possibile se non si è concluso il percorso arrivando alle leggi ponderali.

Alla domanda “*quale approccio occorre allora adottare nell'insegnamento della chimica nei bienni e quale bagaglio di competenze servono per il triennio*”, le risposte sono state date da lunga data e si trovano tutte nella proposta dei programmi. Sono in effetti ricorrenti nelle finalità frasi quali “*lettura di eventi del mondo reale come trasformazioni fisiche e chimiche*”; questo ci suggerisce immediatamente l'approccio da utilizzare. Il bagaglio di competenze deve riguardare sistemi di azioni mentali ricorsivi relativi a processi come il problem solving: allora questi sistemi di azione diventano *porsi domande buone*, (se il problem solving è quello che prima abbiamo delineato: *cosa succede ad una porzione di materia allo stato solido quando viene sottoposta a riscaldamento?* le domande buone diventano: *quali variabili sottopongo a controllo? Come falsifico l'ipotesi che ho formulato?*); il porsi le domande buone conduce all'invenzione di un percorso operativo di falsificazione e alla necessità di raccogliere e ordinare dati che permettano di trovare risposte alle domande buone, di analizzarli per arrivare alla conoscenza del fenomeno.

Mi è capitato di sfogliare alcune pagine in Internet di un corso di laboratorio di un istituto superiore, dove tra stati della materia, passaggi di stato e leggi ponderali non esiste nessuna relazione, e quel che è peggio relativamente alle leggi ponderali sono proposte esperienze come “*verifica della legge di Lavoisier, di Proust e di Dalton*”. Se è innegabile il contributo di esperienze fattibili in laboratorio su questi argomenti, è criticabilissimo e avvilente

l'approccio: le leggi vengono prima esposte e raccontate poi si passa appunto alla verifica. Ovviamente parlo delle leggi ponderali e delle trasformazioni fisiche per rimanere in tema, ma per il resto delle tematiche l'approccio non è diverso.

È avvilente sfogliare libri di testo di chimica, anche universitari, leggere le lezioni di insegnanti universitari introdotte nei siti delle varie università e rilevare che, nonostante tutto, la formazione degli studenti, magari futuri insegnanti, in campi specialistici è ancora meramente descrittiva e puramente contenutistica. In quali e quante sedi universitarie italiane si mette in evidenza agli studenti che affrontano studi specialistici, la formazione del linguaggio scientifico? In quali università si analizza il rapporto fra questo e il linguaggio comune o si mettono in evidenza le regole sintattiche del primo, o la relazione di significato tra termine concetto e pacchetti di proprietà ad esso collegate? A mio parere, in tutto il nostro sistema formativo si pensa ancora e solo in termini di contenuti senza considerare minimamente i processi di apprendimento, si pensa in termini di sapere e non di competenze e di strategie messe in atto per impadronirsene.

Timidi tentativi sono stati fatti, nei percorsi di formazione messi in atto dalle scuole di specializzazione per l'insegnamento dove si è cominciato a sperimentare l'integrazione tra pedagogia-didattica e disciplina, una ventata di novità che è stata apportata anche grazie alla possibilità/necessità di contatto diretto università e scuola anche se molto resta ancora da costruire. Occorre recuperare a tutti i livelli formativi la consapevolezza che la struttura concettuale di una disciplina non è mai disgiunta dalla sua struttura sintattica e in un processo qualsiasi di insegnamento/apprendimento i due aspetti non possono mai essere separati.

In un qualsiasi processo di insegnamento/apprendimento che coinvolga la scuola di base o l'università credo che occorrerebbe impostare l'analisi disciplinare in funzione della spendibilità per gli allievi nel percorso intrapreso e dell'alto valore formativo dei nuclei fondanti disciplinari. Nella scuola di base il *nuovo insegnante* non dovrà privilegiare (non vuol dire che non dovrà trattare) quei nuclei fondanti della disciplina esperta che possono essere trasposti nella disciplina insegnamento solo in modo descrittivo.

Solo così non solo la chimica, ma tutta la scienza in generale, avrà l'alto valore formativo che le compete.

Bibliografia

P.Riani, La struttura particellare della materia nella scuola media inferiore: risultati di una indagine e riflessioni didattiche. CNS La Chimica nella Scuola N°3 pag. 79-85 (1995)

R.Andreoli, L.Contaldi, La struttura particellare della materia: risultati di una indagine condotta su alcuni gruppi di insegnanti e futuri insegnanti. CNS La Chimica nella Scuola N°3 pag. 97-100 (2000)

P. Mirone, Gli orbitali sono realmente necessari nell'insegnamento della chimica di base?, CnS anno XXV, n. 4, 2003

P.Atkins, L.Jones, Chimica generale (Zanichelli, 2002)

S.Steven, S.Zumdahl, Chimica (Zanichelli, 1997)

Ringraziamenti

Un vivo ringraziamento prof.**Gianni Michelin** dell'Università di Venezia per i preziosi consigli forniti sia nel corso dell'indagine sia nella stesura dell'articolo e al prof.**Roberto Andreoli** dell'Università di Modena per i preziosi consigli forniti nella stesura in fase iniziale dell'articolo.