

ATTIVITÀ DI MODELLIZZAZIONE NELL'AMBITO DELLA CHIMICA DI BASE

Alcune riflessioni su un'esperienza di innovazione didattica

Riassunto

In questo articolo vengono illustrate le caratteristiche salienti di una strategia pedagogica di tipo "costruttivista" per la costruzione del modello particellare nel biennio delle superiori. Vengono affrontati problemi quali il passaggio dal macroscopico al microscopico, la funzione delle sperimentazioni, il ruolo delle situazioni problematiche, l'interazione insegnanti/allievi, i cambiamenti nel modo di lavorare di insegnante e allievi.

1 - INTRODUZIONE

Nel documento "I contenuti essenziali per la formazione di base" (marzo 1998) si afferma che, per quanto riguarda le scienze della natura, gli studenti dovrebbero "... appropriarsi di modi di guardare, descrivere e interpretare i fenomeni naturali che si avvicinano progressivamente a quelli scientificamente accreditati". Inoltre si sostiene che, a livello cognitivo, dovrebbero essere valorizzate "... le attività di modellizzazione, schematizzazione e formalizzazione, mediante le quali i fenomeni vengono descritti e interpretati". Si tratta di attività mentali che appartengono, insieme ad altre, ai complessi processi cognitivi che gli scienziati attivano al fine di rendere intelligibile il mondo che ci circonda. Con tali affermazioni, si riconosce che apprendere le scienze significa appropriarsi non soltanto delle conclusioni cui giungono gli scienziati, vale a dire i prodotti del loro lavoro, ma anche dei modi di ragionare e di lavorare cui gli scienziati ricorrono

PAOLA BOSCO^(*)
EZIO ROLETTO^(**)

per elaborare tali prodotti. In altre parole, apprendere le scienze significa armarsi di competenze fondamentali che permettono: - di andare oltre le apparenze percettive e di interpretare i fenomeni con i modelli ed i processi cognitivi degli scienziati; - di interrogare la natura con sperimentazioni adeguate e pertinenti.

In questo articolo viene presentata e analizzata un'esperienza di innovazione didattica condotta nell'ambito dell'insegnamento della chimica di base (primo corso di chimica della scuola secondaria superiore) con l'obiettivo di portare gli allievi a costruire e padroneggiare un modello particellare semplificato, utilizzabile per interpretare gli stati fisici della materia e le trasformazioni di stato. Una sperimentazione analoga è in corso in alcune classi di scuola media, a cavallo tra la fine del secondo anno e l'inizio del terzo, con una diversa organizzazione delle attività: si parte infatti dai solidi per concludere con i gas e si insiste molto sugli aspetti macroscopici dei fenomeni. Prima di entrare nel vivo del soggetto, è opportuno precisare cosa si intenda per *modello particellare* e per *interpretazione di un fenomeno*.

Un modello particellare è un insieme di proposizioni di natura ipotetica o, se si preferisce, di congetture che permettono di interpretare e prevedere fenomeni di natura fisica (dilatazione, compressione, fusione, solidificazione, evaporazione, ecc.) e/o di natura chimica (le reazioni chimiche). Qualsiasi modello particellare comporta un'ipotesi fondamentale: l'esistenza di particelle come unità costitutive della materia. Inoltre, per essere operativo, il modello richiede altre ipotesi relative alle caratteristiche delle

particelle, sia quelle intrinseche (forma, massa, dimensione, ecc.), sia quelle relazionali (disposizione delle particelle nello spazio, vincoli tra particelle, ecc.). I modelli particellari servono per costruire rappresentazioni mentali dei fenomeni e tali rappresentazioni si riferiscono a due livelli di efficacia cognitiva. Si ha infatti un primo livello nel quale ci si limita a modellizzare i sistemi prima e dopo la trasformazione, senza preoccuparsi di come si passi dallo stato iniziale a quello finale: il modello viene allora usato per rendere conto, in modo coerente, dei diversi stati di un sistema: ad esempio, gli stati solido e liquido di un corpo prima e dopo la fusione. Esiste poi un secondo livello nel quale il modello viene usato come strumento per ragionare sui fenomeni empirici a partire dalle proprietà delle particelle. In questo caso, usando il modello è possibile avanzare previsioni su ciò che potrebbe accadere a livello macroscopico: ad esempio, per prevedere come influisca l'aumento di temperatura di un liquido sull'evaporazione o, per meglio dire, sull'entità dell'evaporazione.

Un modello è sempre riferito ad un insieme più o meno esteso di fenomeni. In genere, nei libri di testo di chimica, si fa subito riferimento sia a fenomeni di tipo fisico sia a quelli di tipo chimico e l'insegnante espone agli allievi un modello che funziona per entrambi. Si propone quindi, di primo acchito, un modello complicato che non soltanto comprende diversi tipi di particelle (molecole, atomi, elettroni, ecc.) con caratteristiche differenti, ma introduce anche le idee di energia e di interazione tra le particelle. Un tale modello, così come viene proposto, risulta troppo complicato per gli studenti del corso di base di chimica. Questi però possono appropriarsene in modo graduale, se si limita inizialmente il campo dei fenomeni a quelli fisici e si costruisce

(*) ITG "A. Pozzo" - ITI "M. Buonarroti" - Trento e-mail: paola.bosco@vivoscuela.it

(**) Centro Interdipartimentale per la Ricerca Didattica e l'Aggiornamento (C.I.R.D.A.) - Università di Torino.

10 Dipartimento di Chimica Analitica
via Pietro Giuria n. 5 - 10125 TORINO
e-mail: roletto@ch.unito.it

un modello semplice nel quale si può ricorrere unicamente all'idea di *particella*. Quando gli studenti padroneggiano tale modello, è possibile allargare il campo empirico alle reazioni chimiche e chiedersi come debba essere modificato il primo modello per disporre di uno strumento utilizzabile sia per le trasformazioni fisiche che per quelle chimiche. In effetti, questi due tipi di trasformazioni sono profondamente diversi dal punto di vista degli invarianti. Se nelle trasformazioni fisiche è l'identità della sostanza che si conserva, nelle reazioni chimiche le sostanze si trasformano ed è l'elemento l'invariante del fenomeno. È possibile portare gli allievi ad appropriarsi di questo criterio per distinguere i due tipi di trasformazioni solo dopo un lungo percorso che prevede la costruzione di molti concetti: sostanza, molecola, atomo, elemento, ecc. Nel contesto di questa sperimentazione si arriva dunque gradualmente al modello proposto dai libri di testo, ma con due differenze fondamentali: il modello viene costruito dagli allievi affrontando una serie di situazioni problematiche; le situazioni di apprendimento lasciano ampio spazio alle attività di modellizzazione.

Portare gli allievi a *costruire* un modello particellare è cosa profondamente diversa dall'*esporre* lo stesso modello. Assegnare agli allievi un ruolo attivo nel processo di apprendimento implica trasformazioni profonde, rispetto a ciò che avviene nell'insegnamento tradizionale, non solo nel modo di lavorare degli allievi, ma anche nelle situazioni di apprendimento proposte e nel modo di lavorare dell'insegnante. Questi ed altri aspetti di natura pedagogica e didattica vengono presi in considerazione in questo articolo.

2 - DALLA SITUAZIONE PROBLEMÁTICA AL MODELLO

In precedenza si è sottolineato che apprendere le scienze significa impossessarsi non solo delle conclusioni a cui giungono gli scienziati, ma anche dei loro modi di ragionare e di lavorare. Gli scienziati lavorano con un approccio sperimentale. Sotto lo stimolo di una situazione problematica o di un fatto polemico, essi avanzano, fondandosi su congetture interpretative anche molto grezze, una proposta di soluzione la cui accettabilità viene valutata mediante sperimentazioni. In que-

sto modo possono saggiare l'accettabilità delle proprie congetture, ossia delle teorie e dei modelli con i quali riescono a interpretare fenomeni che si presentano anche molto diversi tra loro da un punto di vista percettivo, empirico. Contrariamente a quanto pensa la maggior parte degli insegnanti [1], a fondamento del sapere scientifico non sta l'osservazione, ma una situazione problematica [2].

A partire da queste considerazioni e da un complesso di ricerche sulle attività di modellizzazione [3], è stata elaborata una sequenza didattica già illustrata su questo periodico [4] ragion per cui non viene più presentata in dettaglio in questo articolo. La sequenza è strutturata in unità che vengono suggerite agli insegnanti come tappe di un percorso che porta, attraverso lo studio di fenomeni a livello macroscopico ed alla successiva loro interpretazione a livello microscopico, alla costruzione di un modello particellare. Nelle attività proposte vengono presi in considerazione alcuni fenomeni fisici quali compressione, dilatazione, fusione, evaporazione, ecc. che coinvolgono i tre stati della materia (solido, liquido, aeriforme). Lo studio dei fenomeni a livello macroscopico contribuisce a rendere operativo il modello particellare, in quanto lo arricchisce dal punto di vista delle caratteristiche sia intrinseche sia relazionali delle particelle. Si richiede agli allievi di modellizzare i sistemi prima e dopo la trasformazione presa in considerazione, si discutono le diverse rappresentazioni proposte e la discussione diventa il motore di ricerca, in quanto si ricorre al modello non solo per interpretare e capire il fenomeno osservato macroscopicamente, ma anche per avanzare ipotesi su fenomeni non ancora analizzati a livello empirico. Tali attività hanno costituito il filo conduttore, la trama del lavoro svolto con classi del biennio negli istituti tecnici da Paola Bosco. Nei paragrafi che seguono, la presentazione della strategia pedagogica adottata è accompagnata da alcune riflessioni "sul campo" al suo riguardo.

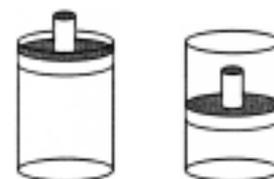
3 - COME SI LAVORA A COSTRUIRE IL MODELLO

Una situazione empirica

Per ogni attività, viene sottoposto all'attenzione della classe un fenomeno che è, a seconda delle situazioni, o oggetto di sperimentazione diretta

da parte degli allievi o oggetto di dimostrazione da parte dell'insegnante. Per ogni fenomeno preso in esame, gli allievi sono invitati a rispondere ad alcuni quesiti, riuniti in una scheda, relativi agli aspetti macroscopici del fenomeno stesso; per esempio, nella figura 1 è riprodotta la scheda usata per la prima attività, a livello macroscopico, con i gas. In seguito, con un'altra scheda, si chiede agli allievi di interpretare lo stesso fenomeno a livello microscopico mediante il modello particellare. Le schede di lavoro vengono assegnate agli allievi senza alcuna spiegazione supplementare. I fenomeni vengono considerati in una successione tale che loro interpretazione permetta di arricchire il modello di nuove caratteristiche.

Quando spingiamo forte il pistone di un cilindro a tenuta, nel quale si trova un gas puro, il pistone si abbassa.



1) Secondo te, in questo esperimento, la **quantità** di gas

- aumenta rimane uguale
 diminuisce non so rispondere

Spiega la tua risposta.....

2) Secondo te, in questo esperimento, il **volume** occupato dal gas

- aumenta rimane uguale
 diminuisce non so rispondere

Spiega la tua risposta.....

Figura 1 - La scheda proposta per raccogliere le idee degli allievi a proposito del fenomeno di compressione di un gas puro (livello macroscopico).

In primo luogo è da segnalare che, a differenza di ciò che succede nell'insegnamento tradizionale, la tentazione di copiare le risposte dei compagni è bassissima, probabilmente perché lo studente è convinto di avere qualche idea da esprimere e da mette-

re a confronto con quelle di altri. La discussione collettiva riguarda le scelte effettuate e la loro giustificazione. Le domande possono sembrare banali, ma non è assolutamente così, tanto è vero che, ad esempio, vi è ancora chi confonde quantità di gas e spazio occupato (in termini scientifici massa e volume).

Dal macroscopico al microscopico
A partire dai problemi posti a livello macroscopico, dalle risposte date dagli allievi e dalle relative argomentazioni, si passa ad interpretare con il modello la situazione studiata a livello empirico. Contrariamente a quanto avviene nel modo di insegnare tradizionale, il modello non viene presentato dall'insegnante ma è costruito gradualmente dagli allievi. A questi viene fornita, per avviare l'attività di modellizzazione, una congettura interpretativa grezza di questo tipo:

Gli scienziati ci dicono che la materia è costituita di particelle. Tali particelle hanno le seguenti proprietà:

- una particella conserva sempre la propria forma, è indeformabile;
- una particella conserva sempre le proprie dimensioni;
- una particella occupa sempre la stessa quantità di spazio (ha sempre lo stesso volume);
- una particella di un determinato tipo ha sempre la stessa quantità di materia, diversa da quella di particelle di un altro tipo.

È l'insegnante che fornisce agli allievi questi assiomi che sono riportati anche sulla scheda che dà inizio alle attività di modellizzazione. In pratica, è come se l'insegnante facesse presente agli allievi che gli scienziati sono arrivati a certe convinzioni (gli assiomi) che vengono usate come punto di partenza per definire le altre proprietà delle particelle e quindi completare il modello. Da un punto di vista storico, gli assiomi corrispondono, almeno parzialmente, alle proprietà che Dalton attribuiva agli atomi.

Le espressioni usate sono volutamente generiche. Per esempio, qualcuno potrebbe ritenere che l'espressione *quantità di materia* che figura nell'ultimo assioma sia poco chiara e pensare che sarebbe meglio sostituirla con *peso* o *massa*. Le varie sperimentazioni che abbiamo condotto e stiamo conducendo mostrano che il concetto di massa è tutt'altro che semplice per

cui occorre usarlo con molta cautela e solo quando si è sicuri che gli studenti lo padroneggiano. Per quanto riguarda il *peso* preferiamo non farvi riferimento in quanto richiama, anche nel linguaggio quotidiano, un'operazione di pesata e ciò potrebbe portare gli allievi a concepire le particelle come *pezzi di materia* ossia come insieme di particelle. Le sperimentazioni mostrano che l'espressione *quantità di materia* risulta chiara anche agli allievi della scuola media inferiore che l'adottano rapidamente e la usano in modo corretto.

Le attività relative alle interpretazioni dei fenomeni fisici a livello microscopico e le discussioni che le accompagnano portano gli allievi a proporre nuove proprietà delle particelle, proprietà che vanno via via ad aggiungersi agli assiomi iniziali, arricchendo così la sintassi del modello. Per esempio, nel caso del fenomeno di compressione di un gas puro, nella scheda successiva a quella riprodotta in figura 1, si chiede agli allievi di rappresentare, mediante le particelle, il gas nelle due situazioni. Nella rappresentazione gli allievi devono tenere conto che si tratta di un gas puro e quindi usare un solo tipo di particella; che il gas occupa tutto lo spazio a disposizione; che lo spazio occupato dal gas diminuisce in seguito alla compressione e quindi le particelle devono essere più distanti prima della compressione e più vicine dopo (non può essere altrimenti, in quanto gli assiomi dicono che le particelle conservano forma e dimensioni); che la quantità di gas non cambia e quindi il numero di particelle non può cambiare. La discussione collettiva che segue la modellizzazione riguarda la rispondenza della rappresentazione iconica, da una parte, agli assiomi (deve essere rispettata la "sintassi" del modello), dall'altra, alla situazione empirica (deve esservi corrispondenza tra situazione empirica e interpretazione modellistica).

Le attività proposte permettono di verificare continuamente i livelli di elaborazione e di padronanza (o di "interiorizzazione") del modello da parte degli studenti. Questi ultimi incontrano inizialmente non poche difficoltà a modellizzare la situazione empirica ed a rendere concreta tale modellizzazione con un disegno. L'attività di modellizzazione non è un gesto impulsivo e superficiale e con questa strategia didattica viene praticata in

modo esplicito e sistematico. Importante è anche la relazione tra rappresentazione iconica e argomentazione scritta. Spesso non vi è accordo tra ciò che l'allievo scrive nella sua spiegazione e la rappresentazione mediante le particelle della situazione sperimentale. Ad esempio, benché abbiano affermato che le particelle risultano indivisibili, alcuni studenti, quando devono interpretare con il modello la dilatazione di un solido, ricorrono tranquillamente ad una rappresentazione del tipo di quella riportata in figura 2. Parimenti, vi sono allievi che affermano che in una compressione la quantità di gas rimane la stessa e poi disegnano un numero diverso di particelle nelle due situazioni (figura 3).

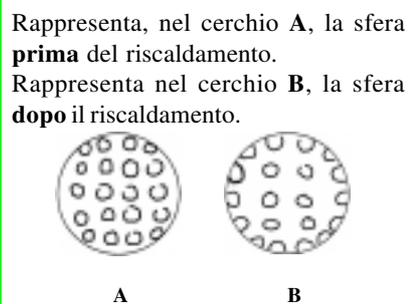


Figura 2 - Come uno studente rappresenta con il modello particellare la dilatazione di un solido puro.

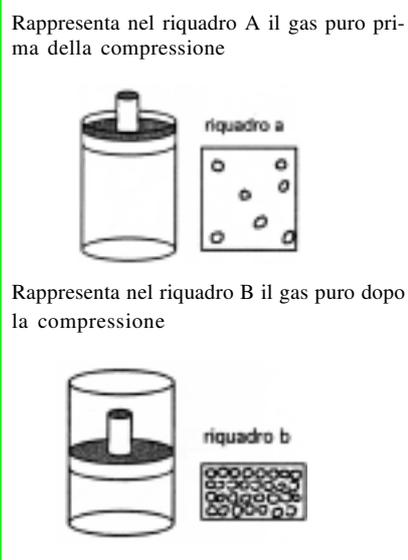


Figura 3 - Come uno studente rappresenta con il modello particellare la compressione di un gas puro.

Il passaggio dal macroscopico al microscopico, dal dato empirico alla rappresentazione modellistica è difficile ed i tempi necessari per concettualizzare questo tipo di relazione sono lun-

ghi. Gli ostacoli che gli allievi incontrano sono molteplici. Come mostrano gli interrogativi che essi pongono e si pongono. Ad esempio, gli allievi chiedono se ogni bollicina dell'acqua gasata coincide con una "particella", confondendo *particella*, oggetto mentale inventato per interpretare i fenomeni, con *piccola frazione* di un corpo; oppure non accettano una rappresentazione dello stato liquido riportata in figura 4, perché il liquido non lambisce le pareti.

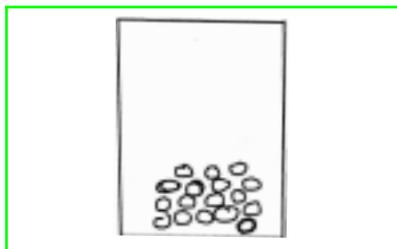


Figura 4 - Come uno studente rappresenta con il modello particellare un liquido puro.

Nel modellizzare il fenomeno della dilatazione di un solido, gli allievi ricorrono alla dilatazione non soltanto degli spazi vuoti tra le particelle, idea accettabile, ma anche delle particelle, entrando così in contraddizione con uno degli assiomi iniziali (una particella conserva sempre le stesse dimensioni). Quando viene richiesto (figura 5) di rappresentare con il modello una sfera solida prima e dopo il riscaldamento (ossia prima e dopo la dilatazione), gli studenti non disegnano nulla perché ritengono che i due cerchi che figurano sulla scheda rappresentino la particella prima e dopo la dilatazione. In questo caso, non soltanto sono in contraddizione con l'assioma relativo alle dimensioni delle particelle, ma confondono il piano dell'osservazione macroscopica con quello dell'interpretazione microscopica.

Si tenga presente che la consegna data al punto 3 della scheda 6 (figura 5) è volutamente generica. Si sarebbe potuto scegliere una consegna più specifica - ad esempio, *rappresenta con il modello particellare la sfera....* - ma in questo modo si sarebbe esplicitato il ricorso al modello particellare; a questo punto del percorso didattico, riteniamo che gli allievi debbano procedere alle operazioni di modellizzazione senza che vi sia, da parte dell'insegnante, un richiamo esplicito al modello.

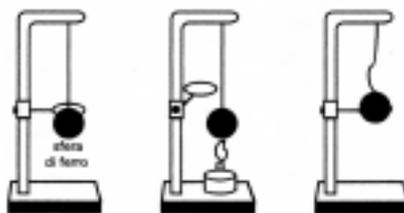
Una conseguenza importante di questo modo di lavorare è il fatto che gli studenti stessi si rendono conto che è necessario un atteggiamento molto rigoroso. Infatti, nel momento della discussione collettiva, sono i compagni i primi a fare rimarcare ed a criticare apertamente le discrepanze tra rappresentazione iconica e argomentazione scritta, invocando il rispetto del modello e quindi delle sue proprietà. L'atteggiamento rigoroso emerge anche nell'utilizzo del linguaggio specifico della disciplina: non si usano più termini in modo "qualunquistico" o approssimato, ma si attribuisce ad ognuno di essi uno specifico significato. A questo proposito, si è notato per la prima volta che gli allievi si divertono a reperire i termini chimici entrati nel lessico quotidiano con un significato improprio. Alla fine non vi sono dubbi su che cosa significhi sostanza pura o sulla differenza tra fusione e dissoluzione. (Posso trasportare aria pura dalla montagna in città? Il ghiaccio si scioglie o fonde?) Si vedono gli allievi acquistare indipendenza e sicurezza, come conseguenza del fatto che finalmente sono in grado di usare gli strumenti intellettuali costruiti in classe per affrontare situazioni problematiche. In de-

terminate occasioni, spesso dopo lunghe discussioni alla fine delle quali si è giunti a un'interpretazione condivisa dal gruppo classe, risulta interessante proporre agli allievi di redigere uno scritto nel quale ripercorrere le tappe del lavoro svolto su un determinato fenomeno per esplicitare ad un ipotetico lettore, ma in primo luogo a se stessi, i processi mentali messi in atto per passare dai dati empirici alla rappresentazione mediante il modello. Siamo ben lontani dalla tradizionale relazione di laboratorio: non più esposizione di ciò che è stato osservato, ma reale riflessione di tipo metacognitivo al fine di documentare il percorso intellettuale.

Il laboratorio nella nuova strategia

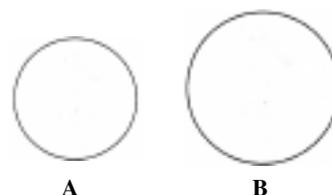
L'attività pratica non consiste più nell'eseguire una ricetta di sicuro successo, ma trova l'allievo proteso verso l'acquisizione di nuove informazioni che gli permettano di proseguire nella costruzione del modello o nel suo consolidamento. In altre parole, si assiste ad una assunzione di iniziativa e responsabilità. Spesso capita che gli allievi propongano sperimentazioni per uscire da situazioni di stasi problematica, ossia quando si confrontano più congetture che il gruppo classe ha elaborato per interpretare un fenomeno o un gruppo di fenomeni. In questo caso sono gli studenti stessi a proporre cosa fare ed a indicare cosa serve per farlo; l'insegnante si limita a valutare la fattibilità della sperimentazione proposta, non più la *buona riuscita*. Ad esempio, spontaneamente gli allievi si chiedono se vi sia una relazione tra entità dell'evaporazione e area della superficie di contatto del liquido con l'aria, progettano la sequenza di operazioni da compiere per dare risposta

Il disegno rappresenta un esperimento fatto con una sfera di ferro. Prima di essere riscaldata, cioè quando è fredda, la sfera passa attraverso l'anello. Si riscalda la sfera con una fiamma. Dopo il riscaldamento, la sfera non passa attraverso l'anello.



- 1) Secondo te, dopo il riscaldamento, il **volume** della sfera è
 più piccolo di quello iniziale uguale a quello iniziale
 più grande di quello iniziale non so rispondere
 Spiega la tua risposta.....
- 2) Secondo te, con il riscaldamento, la **quantità** di ferro della sfera
 aumenta rimane uguale diminuisce non so rispondere
 Spiega la tua risposta

3) Rappresenta, nel cerchio **A**, la sfera prima del riscaldamento. Rappresenta, nel cerchio **B**, la sfera dopo il riscaldamento



Giustifica il tuo disegno.....

Figura 5 - La scheda proposta per interpretare con il modello particellare il fenomeno di dilatazione di un solido puro.

al problema e indicano quali variabili debbano essere controllate. Dopo la fase sperimentale del lavoro e la discussione dei risultati ottenuti, sono in grado di proporre una giustificazione microscopica dei dati sperimentali. Spesso gli allievi anticipano l'insegnante, sollevando il problema che quest'ultimo intendeva portare alla loro attenzione. Per esempio, dopo aver studiato il comportamento dell'acqua sottoposta a riscaldamento, gli allievi si sono chiesti se anche le sostanze solide si comportassero in modo simile. È facile rendersi conto che l'interesse non può essere lo stesso per qualche cosa proposto dall'esterno (insegnante) e per qualche cosa che è pensato da colui che apprende. Da questo punto di vista, è interessante analizzare quanto è avvenuto nel caso dello studio del fenomeno di riscaldamento di una sostanza pura. Negli anni passati, questo esperimento veniva proposto per realizzare un duplice obiettivo: portare gli allievi a rendersi conto che durante i cambiamenti di stato si manifesta una sosta termica e che due fenomeni simmetrici, come ad esempio fusione e solidificazione, avvengono alla stessa temperatura. Nell'ambito della nuova strategia didattica, grazie alle attività svolte in precedenza, l'esperimento non si riduce più all'osservazione passiva del fenomeno al fine di raccogliere un insieme di dati sperimentali da usare per la costruzione di un grafico. Le risposte che gli studenti danno alle domande relative alla conservazione o meno della quantità di sostanza nella trasformazione e l'invito a rappresentare con il modello la sostanza prima e dopo la trasformazione, li pongono in condizione di rappresentarsi mentalmente il fenomeno, di "pensarlo" in termini di modello e sono quindi un importante trampolino di lancio per curiosità, considerazioni e collegamenti preziosi fatti dagli stessi alunni. Affrontando l'argomento con un approccio tradizionale, non si ha l'occasione di rendersi conto del vasto spettro di abilità mentali di cui dispongono gli allievi.

Nell'insegnamento tradizionale il laboratorio è spesso ritenuto un'occasione per arricchire e consolidare le conoscenze teoriche, e in quanto tale non strettamente necessario, mentre in questa strategia risulta funzionale all'attività di apprendimento e quindi indispensabile. È importante sottolineare

che, per quanto riguarda questa fase del lavoro, non necessitano attrezzature complicate e quindi qualsiasi insegnante con un po' di iniziativa può facilmente reperire ciò che serve.

4 - PERCHÉ SI PARTE DA PROBLEMI?

Le risposte alle domande che figurano nelle schede e le idee degli allievi che emergono durante la discussione, vengono raccolte dall'insegnante, sintetizzate e scritte alla lavagna. Perché? Colui che apprende è visto come un soggetto che ha sviluppato proprie interpretazioni del mondo e dei suoi fenomeni, propri modi di ragionare che, essendo sovente intrisi di senso comune, costituiscono veri e propri ostacoli all'apprendimento. Diventa quindi fondamentale offrire agli allievi l'opportunità di esplicitare le proprie idee: da una parte, perché ne prendano coscienza, dall'altra perché solo conoscendo le idee degli allievi l'insegnante può progettare il lavoro in modo da favorirne l'evoluzione e la trasformazione. Ecco il motivo per cui si propone agli allievi di affrontare situazioni problematiche con le proprie concezioni, dando loro l'occasione di rendersi personalmente conto dei limiti e delle insufficienze di queste ultime, in modo da invogliarli a modificarle, oppure ad abbandonarle per sostituirle con altre più efficaci già disponibili. In questo caso, l'insegnante non lavora in prima persona a demolire le concezioni degli allievi, ma organizza le attività in modo che questi ultimi lavorino con le loro idee per andare contro di esse.

5 - COME RISPONDE LA CLASSE

Quando gli studenti iniziano ad esprimere le proprie idee, la cosa che più colpisce è che ne hanno tante, molte più di quanto si possa prevedere. Nel corso di questo lavoro con gli studenti sono emerse molte immagini, credenze, frasi immagazzinate come espressioni senza significato, alcune ricche di termini scientifici, altre intrise di senso comune, ma tutte ormai interiorizzate dagli studenti come se si trattasse di certezze consolidate. Ad esempio, molti allievi ritengono che il gas non pesino e quindi, non avendo massa, non occupino spazio. Grande confusione esiste sui significati di spazio e volume occupati da un gas. È necessaria una lunga discussione per stabilire cosa cambi a livello microscopico quando un gas viene compresso: l'idea che tra particella e par-

ticella esistano spazi vuoti, proposta da qualcuno, crea inizialmente derisione perché molti sono gli studenti convinti che il vuoto non esista.

Alcuni allievi pensano che, quando viene riscaldata, l'acqua si dilati perché si decompone in ossigeno ed idrogeno che, in quanto gas, occupano volumi superiori a quelli dei liquidi. Per sostenere questa spiegazione, propongono di osservare i gas (ovviamente idrogeno ed ossigeno) che si sviluppano e sono visibili ad occhio nudo quando si riscalda l'acqua al di sotto del punto di ebollizione. Risulta essere convinzione comune e radicata che un solido riscaldato fino al punto di fusione si trasformi in acqua: questa idea discende dalla concezione di fondo che lo stato liquido è lo stato acquoso.

6 - COME SI ABITUA LA CLASSE A LAVORARE

Inizialmente il pensiero che tutti gli studenti possano manifestare liberamente le proprie idee può spaventare, in quanto si ritiene impossibile gestire la classe in queste condizioni. In realtà si sviluppa presto nella classe un atteggiamento di reale democrazia, probabilmente a causa di più fattori concomitanti. Innanzitutto l'insegnante raccoglie le idee degli allievi sulla lavagna, senza scartarne alcuna e senza esprimere alcun giudizio di merito o di attinenza: ben presto questi si rendono conto che se parlano tutti insieme il docente non può sentire la *loro* idea. Inoltre si nota una piccola rivoluzione nei ruoli. Inizialmente, la prima risposta al problema posto dall'insegnante viene da colui che è ritenuto il *bravo della classe*: i compagni preferiscono attendere che questi si esprima per calibrare i propri interventi sulle sue idee. Seguono i più coraggiosi, gli sbruffoncelli, quelli che, comunque, vorrebbero dire qualcosa. Inizialmente i più timidi sono esclusi. Questi però, da una parte, si rendono rapidamente conto che il docente dà lo stesso valore alle idee di ogni allievo e, dall'altra, si accorgono che le loro idee non sono poi diverse da quelle di altri allievi più estroversi. A questo punto, anche i più timorosi escono allo scoperto, spesso manifestando importanti risorse mentali. I bravi e gli sbruffoni vengono quindi ridimensionati e si assiste invece alla emersione di figure che, fino a poco tempo prima, godevano di scarsa o nulla considerazione. Sembra che questo modo di insegnare e di imparare, valorizzando le idee

degli allievi ed i loro modi di ragionare, ossia capacità e competenze non tenute in considerazione nell'insegnamento tradizionale, trovi spiazzati gli studenti che hanno investito molte energie nello studio tradizionale, mnemonico. È da tenere presente che nei bienni riformati degli istituti tecnici delle scuole superiori si è assistito a un proliferare di discipline diverse che pesano molto agli studenti in termini energetici. Coloro che hanno risparmiato energie sono entusiasti di investire in qualche cosa che a loro appare divertente e per nulla noioso, diversamente dalle discipline insegnate in modo tradizionale. Dopo un breve periodo di rodaggio nel corso del quale prendono familiarità con questo modo di lavorare, tutti gli allievi si sentono legittimati a esprimere le proprie convinzioni e nessuno detiene più il ruolo di portavoce.

Inoltre ogni idea, ogni risposta deve essere spiegata e/o giustificata e qui si assiste a un importante sviluppo degli strumenti linguistici e logici negli alunni. All'inizio è frequentissima l'espressione: "Per me è così, ma non so il perché". In seguito risposte come queste scompaiono, forse anche per l'intervento dei compagni che, inserendosi nel ragionamento dell'interlocutore, lo costringono a ricercare le parole pertinenti per esprimere le proprie idee.

Non si può negare che nei primi tempi le discussioni sono molto animate, in quanto si trovano a lavorare insieme studenti provenienti da realtà eterogenee e quindi con vissuti differenziati. Sono, nel contempo, adolescenti con la voglia della trasgressione, e soggetti che provengono dalle scuole medie e si sentono smarriti nel "nuovo" istituto. Alle prime battute qualcuno di essi è confuso dalla diversità del modo di lavorare, non sa che cosa scrivere sul quaderno, non sa dove recuperare le informazioni in caso di assenza. Serve quindi un po' di tempo perché si abituino ad organizzare il proprio lavoro, a dialogare, a sostenere con motivazioni ragionevoli le proprie convinzioni, ad ascoltare il parere degli altri, a discutere in modo civile, a sintetizzare ciò che è ritenuto utile.

7 - COSA CAMBIA PER GLI ALLIEVI

Allo studente viene attribuito un ruolo molto più impegnativo e responsabile, ma lo studio e l'apprendimento della disciplina, ritenuta tradizionalmente difficile, risulta molto più age-

vole e leggero. Gli allievi trovano divertente imparare in questo modo ed essi non temono lo sforzo e l'impegno che è necessario approfondire. È da notare che anche studenti adulti delle scuole serali sono entusiasti di questa strategia pedagogica che riesce a catturare la loro attenzione anche dopo 8-10 ore di lavoro. Molti di loro hanno abbandonato la scuola nel periodo dell'adolescenza e confessano che, con questo modo di lavorare, sentono di fare chiarezza nella loro mente, hanno l'impressione di ricomporre un puzzle nel quale trovano sistemazione brandelli dispersi di sapere acquisito nell'insegnamento tradizionale.

L'approccio adottato si rivela inoltre efficace sul versante del trasferimento delle conoscenze e dei collegamenti tra discipline differenti: la mente degli studenti spazia, viaggia in continuazione e questo continuo movimento conferisce agilità e flessibilità al loro modo di pensare. Si tratta di una caratteristica molto importante di questa strategia, in quanto apprendere a trasferire conoscenze è il passo decisivo nella costruzione di competenze. Ad esempio, nel riscaldare con l'asciugacapelli un palloncino gonfio di aria, molti ragazzi hanno notato che quanto più si riscaldava l'aria all'interno del palloncino, tanto più questo tendeva ad andare verso l'alto. Il ricorso al modello particellare ha permesso di capire perché l'aria calda tenda ad andare verso l'alto, in quanto ha consentito di spiegare le diverse densità (grandezza non ancora affrontata in chimica, ma in fisica) dell'aria a temperature differenti. È stata questa una delle occasioni in cui si è notato che gli allievi sono in grado di individuare relazioni qualitative tra variabili che gli scienziati hanno formalizzato in leggi o principi che gli allievi non conoscono. Questo aspetto è di rilevante valore didattico: è essenziale capire la natura qualitativa delle relazioni tra variabili, e quindi capire il fenomeno, prima di passare alla sua quantificazione; è essenziale padroneggiare la prima per affrontare la seconda con buone speranze di successo.

8 - COSA CAMBIA PER IL DOCENTE

Anche per il docente il passaggio dal modo tradizionale di insegnare a quello "costruttivista" richiede un impegno non indifferente. Dal punto di vista psicologico, è duro mettere in discussione il proprio ruolo, abbandonare le sicurezze accumulate con

l'esperienza, avviare la costruzione di nuove competenze. Inizialmente provoca smarrimento l'idea di gestire la classe in modo nuovo, non avanzare previsioni sulle argomentazioni che emergeranno nella discussione, non esprimere giudizi di merito e non esporre la "verità" scientifica, anche se gli allievi la reclamano, se non nel momento opportuno. L'insegnante deve essere in grado di gestire un gruppo e di realizzare gli obiettivi che si era proposto senza disprezzare l'idea di alcuno, senza essere dispersivo e trovando elementi comuni in idee espresse in modi diversi. Per quanto possibile, le richieste e curiosità degli allievi vanno soddisfatte, non importa se nell'ambito dell'argomento che si sta discutendo o in occasione di un prossimo lavoro su un'altra porzione di sapere: ciò che conta è che l'allievo si renda conto che le sue idee sono prese in considerazione e che possono essere funzionali alla discussione per indagare ulteriormente la natura dei fenomeni oggetto di studio.

Inoltre, l'insegnante deve interpretare in modo nuovo pratiche consolidate della scuola tradizionale, quali la programmazione e la valutazione. La prima deve trasformarsi in progettazione delle situazioni di apprendimento, mentre la seconda deve essere ripensata profondamente, perché in un approccio costruttivista non è più possibile invocare la falsa oggettività della media dei voti per formulare la valutazione finale. Questo perché la vita scolastica non è più scandita dal ritmo tradizionale: lezione frontale - studio individuale - interrogazione. Benché siano previste attività di verifica con voto, il modo di lavorare è tale per cui si deve tenere conto di tutti i contributi che ogni singolo allievo ha apportato al dibattito ed alla elaborazione collettiva, delle sue capacità di analisi e di sintesi, di organizzazione, di rielaborazione, di proposizione, ecc. La valutazione non è più un momento separato dall'insegnamento, ma viene ad essere un altro aspetto dell'attività complessa di costruzione di sapere.

L'insegnante che adotta un modo nuovo di lavorare, che gli studenti trovano gratificante e motivante pur essendo impegnativo, ha spesso difficoltà con i colleghi sia della propria disciplina sia di discipline affini. Inutile dire che le novità spaventano e che è del tutto legittimo non innovare se non si è convinti della necessità di farlo. Tuttavia, un insegnante che

adotti un modo di lavorare nuovo e che intenda i contenuti in modo non tradizionale non può più essere considerato oggi un illuso, un sognatore o, comunque, uno fuori dalla norma, anche se la sua azione rischia di mettere in moto meccanismi conflittuali non facilmente controllabile. Il processo di riforma ormai avviato conta sull'innovazione responsabile ed efficace e l'autonomia scolastica mette alla prova le responsabilità, le competenze, le disponibilità e le aperture di ciascuno.

9 - PERCHÉ SI PUÒ RITENERE EFFICACE LA NUOVA STRATEGIA

Nel corso dell'ultimo anno scolastico, si è presentata l'opportunità di un'esperienza interessante in occasione dell'insegnamento delle leggi dei gas in una classe terza ITI, specialità chimici. Seguendo l'approccio tradizionale, si sono insegnate agli allievi tutte le leggi classiche dei gas, compresa la dissociazione termica, la legge di Dalton, la costante di equilibrio di sistemi gassosi. Gli studenti hanno imparato bene tutte le relazioni matematiche ed erano in grado di svolgere gli esercizi proposti, a volte anche complicati. Alla fine, l'insegnante ha chiesto che cosa ci fosse, a loro parere, tra particella e particella di gas e le risposte sono state più o meno uguali a quelle che forniscono gli allievi di una classe prima. Non erano in grado di interpretare a livello microscopico, ossia usando il modello particellare della materia, la compressione né altri fenomeni ai quali però erano in grado

di applicare le leggi formali, le relazioni matematiche tra variabili.

A questo punto viene spontaneo chiedersi: con l'approccio costruttivista, gli allievi imparano meno o imparano meglio? Il tempo dedicato a costruire alcuni concetti fondamentali per la conoscenza ma che, nella struttura della disciplina, sono ritenuti banali, può essere considerato "tempo perso"? Si ha la netta impressione che, con il nuovo approccio, gli alunni arrivino a costruire un sapere operativo, mentre con l'insegnamento tradizionale si limitano ad un sapere mnemonico con il quale non sono in grado di affrontare problemi. Al contrario, quasi tutti gli allievi con i quali è stato sperimentato l'approccio costruttivista sono sicuramente in grado di affrontare e risolvere situazioni problematiche relative agli stati fisici della materia ed ai cambiamenti di stato. Non solo! Si è notato che, nel trattare argomenti del programma di chimica del biennio come le reazioni chimiche, la mole, i legami ecc. dopo aver dato agli studenti l'opportunità di costruirsi il modello particellare, questi non incontrano più le difficoltà che, nell'approccio tradizionale, ritardavano l'apprendimento. In questo modo, si recupera gran parte del tempo che inizialmente sembrava di "perdere". La strategia pedagogica adottata permette agli allievi di costruire un'impostazione mentale che li aiuta ad affrontare e risolvere problemi, e non soltanto di natura chimica. Inoltre, la costruzione di un sapere condiviso attraverso la discussione di gruppo risulta importantissima per la

formazione di persone capaci di dialogare con altri soggetti sul posto di lavoro o fuori di questo, nel più vasto ambito dei rapporti sociali; coscienti di usare strumenti mentali non estemporanei, rigorosi e, contemporaneamente, non dogmatici e quindi intrinsecamente "democratici".

Ringraziamenti

Paola Bosco intende esprimere un ringraziamento particolare ai colleghi Iolanda Filippi e Marino Cofler. A Iolanda per l'aiuto ricevuto nell'impostare il lavoro nelle classi e nel condurlo a buon fine, a Marino per i consigli e le critiche durante la redazione dell'articolo e per il sostegno offerto alla convinzione che sapere e apprendimento non si costruiscono senza relazioni significative e coinvolgimento di anime.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. Roletto, Epistemologia e formazione degli insegnanti: punti di vista degli insegnanti sulla scienza. *Scuola e Città*, 1998 (n.5-6), 234-248.
- [2] K. R. Popper, Tutta la vita è risolvere problemi. 1996 (trad. ital.), Rusconi, Milano, p.25.
- [3] AA.VV. Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences. 1992, INRP, Parigi.
- [4] E. Roletto, P. G. Albertazzi, A. Regis, Le attività di modellizzazione nell'educazione alle scienze. Parte I: *CnS (La Chimica nella Scuola)*, 1996 (n.1), 14 -18. Parte II: *CnS (La Chimica nella Scuola)*, 1996 (n.2), 37- 47.

Gli interessati possono rivolgersi a E. Roletto - Dip. Di Chimica Analitica. Via P. Giuria, 5 10125 TORINO

Libri in redazione



16 John Emsley, "Prodotti chimici Guida per il consumatore". Prima edizione italiana, ottobre 2000. 1 vol. di pp. 254, Zanichelli Ed. s.p.a. £ 34.000 • 17,56

CnS - La Chimica nella Scuola



ATTI

"Insegnanti di qualità i percorsi di formazione"- Giornate di studio sulla formazione scientifica nelle scuole secondarie. Trieste 1999. 1 vol. di pp 301, Edizioni Università di Trieste. Piazza Europa, 1- Trieste. £ 30.000 • 15,46

Libri in redazione



F.W. Fifield, D. Kealey; "CHIMICA ANALITICA teoria e pratica". Prima edizione italiana, giugno 1999. 1 vol di pp. XII + 427, Zanichelli Ed. s.p.a. £ 70.500 • 36,41

Gennaio - Febbraio 2001