

Insegnamento scientifico e autonomia cognitiva degli allievi nell'apprendimento: un'esperienza

Introduzione

Crediamo che nella scuola dell'obbligo sia prioritario far acquisire agli allievi abilità scientifiche di base perché è proprio la mancanza di queste che allontana i giovani dagli studi in questo ambito e impedisce alle persone di avvicinarsi in maniera cognitivamente adeguata alla scienza. Nella scelta dei contenuti, pertanto, teniamo conto della loro funzionalità al raggiungimento di queste abilità. Tra queste ricordiamo, ad esempio, saper descrivere un fenomeno, saper formulare ipotesi, saper predisporre un esperimento, eseguirlo ed utilizzare i dati ottenuti, acquisire capacità logico-deduttive, di analisi, di generalizzazione...

Un'altra caratteristica dei contenuti prescelti dovrebbe essere quella della loro adeguatezza rispetto all' "enciclopedia cognitiva" degli allievi cui sono rivolti, cioè quando sono tali da poter interagire in maniera attiva con ciò che essi già conoscono.

Sulla base di questa premessa, il percorso didattico, che si presenta, e che è stato sperimentato in una classe seconda di scuola secondaria di primo grado, è centrato sullo studio del fenomeno della dissoluzione e viene introdotto dalla classificazione di sostanze solide di diversa solubilità e si conclude con la presa d'atto della conservazione della massa del soluto in soluzione.

La **classificazione** è un tema ricorrente nelle scienze sperimentali ma spesso affrontato senza cogliere appieno l'importanza culturale che può rivestire per gli allievi. Per esempio, se, dopo aver individuato le caratteristiche di un gruppo di oggetti, si invitano gli allievi a formulare criteri di similitudine tra loro sulla base di una o più caratteristiche e, successivamente, si chiede ai ragazzi di utilizzare tali criteri per operare diversi possibili raggruppamenti, si innesca un coinvolgimento attivo e partecipato funzionale ad una acquisizione del concetto di classificazione, non solo come conoscenza ma anche come competenza.

Il fenomeno della **dissoluzione** di alcune sostanze solide in acqua è stato scelto in quanto si tratta di un fenomeno quotidiano facilmente osservabile, e perché consente l'acquisizione di alcuni concetti importanti quali, ad esempio quelli di sostanza solubile, soluto, solvente, soluzione concentrazione, solubilità.

Anche questo contenuto viene, in genere, trattato in maniera superficiale senza sfruttarne le potenzialità formative. Per esempio, l'apparente scomparsa di una sostanza bianca mescolata in acqua, che induce l'idea che essa non ci sia davvero più, può essere utilizzata opportunamente per attivare un atteggiamento di ricerca negli alunni, e la verifica mediante pesata permette ai ragazzi di cominciare a prendere atto della **conservazione della massa**. Si avviano gli allievi, cioè,

all'acquisizione o al consolidamento di un contenuto fondamentale che non viene, in genere, affrontato nella scuola di base e che non fa certo parte del senso comune. La verifica sperimentale della conservazione delle masse nella dissoluzione rappresenta pertanto, a nostro avviso, un passo importante nel processo di acquisizione di strutture e concetti fondamentali delle scienze.

L'intero percorso si fonda sulla **didattica laboratoriale**, una metodologia di lavoro che non valorizza solo l'approccio sperimentale alla risoluzione di problemi scientifici attraverso la progettazione di un esperimento, la sua realizzazione, la raccolta e l'analisi dei risultati, ma anche le abilità logico-linguistiche, la capacità di valutare ciò che si conosce e di rapportarsi con gli altri attraverso la sollecitazione sistematica a esprimere il proprio punto di vista e a confrontarlo con i compagni in ogni fase del percorso e a sottoporre a verifica le proprie affermazioni.

Lo studio del processo di dissoluzione viene, inoltre, finalizzato all'acquisizione da parte degli allievi del concetto di **variabile**, attraverso la formulazione e la successiva verifica di ipotesi su come il sistema risponda alla variazione di alcuni parametri.

Finalità ed obiettivi

I contenuti e la metodologia proposti hanno permesso agli alunni di acquisire e/o rinforzare sia abilità, che possiamo definire "sociali", riguardanti, cioè, l'atteggiamento dei ragazzi verso il gruppo classe e le attività che si svolgono in tale ambito, sia abilità e conoscenze più strettamente disciplinari.

Tra le prime possiamo schematicamente citare:

- partecipazione attiva al processo di apprendimento
- capacità di lavorare in gruppo
- capacità di valutare e accettare opinioni divergenti

Per quanto concerne gli obiettivi disciplinari:

- arricchimento del linguaggio naturale con termini di lessico specifico
- individuazione di differenze ed uguaglianze attraverso il confronto
- identificazione di possibili criteri per effettuare una classificazione
- abilità di classificare sulla base di criteri proposti dall'insegnante e/o dai compagni
- formulazione operativa di alcune definizioni
- acquisizione operativa del concetto di conservazione della massa nella dissoluzione
- acquisizione operativa del concetto di variabile
- capacità di descrivere sostanze
- capacità di descrivere in sequenza ordinata un fenomeno
- capacità di predisporre le fasi di un esperimento

- capacità di eseguire la procedura di un esperimento
- capacità di raccogliere, gestire ed interpretare dati
- capacità di costruire e leggere tabelle e diagrammi cartesiani
- capacità di distinguere i fatti dalle ipotesi (le descrizioni dalle spiegazioni)
- capacità di formulare ipotesi e predisporre esperienze per verificarle
- capacità logico-deduttive nello studio di un fenomeno
- capacità di analisi
- capacità di sintesi e generalizzazione

Descrizione del percorso

Il percorso didattico è stato articolato in diverse fasi, per una durata complessiva di circa 20 ore:

1) Osservazione di sostanze diverse e loro classificazione in base a caratteristiche osservabili.

Sono stati presentati ai ragazzi 10 barattolini contenenti sostanze diverse per colore e granulometria ed è stato chiesto loro di individuare uguaglianze e differenze fra le varie sostanze e di raggrupparle, elencando le caratteristiche in base alle quali hanno suddiviso l'insieme delle sostanze.



2) Formulazione di ipotesi operative per realizzare una classificazione di sostanze secondo caratteristiche non direttamente osservabili.

Sono stati mostrati ai ragazzi due barattoli di vetro identici, contenenti un uguale volume di polveri bianche di granulometria assolutamente simile. Si è sottolineato come sostanze diverse possano apparire pressoché indistinguibili alla sola osservazione, e si è chiesto loro di pensare a qualche prova che potesse consentire di distinguere i campioni.

Fra le diverse proposte, è emersa quella di verificare quale sia il comportamento delle due sostanze se mescolate all'acqua¹.

3) Individuazione delle condizioni sperimentali per verificare se una sostanza si scioglie in acqua e realizzazione di alcune prove di dissoluzione.

E' stato chiesto individualmente agli alunni di elencare le operazioni da svolgere in sequenza per realizzare una prova di verifica della solubilità di una sostanza solida in acqua.

Successivamente gli allievi, suddivisi in piccoli gruppi, hanno realizzato la stesura di una procedura condivisa, precisa e dettagliata, che permettesse di realizzare l'esperimento di dissoluzione in modo ordinato e confrontabile. Ogni gruppo ha poi eseguito la prova sulle stesse quattro sostanze: due bianche (cloruro d'ammonio e solfato di piombo, rispettivamente solubile ed "insolubile"²) e due colorate (solfato ferroso e biossido di piombo, solubile ed "insolubile").

4) Descrizione del fenomeno di dissoluzione e formulazione di ipotesi per verificare la permanenza del soluto nell'acqua.

Al termine dell'esperimento di dissoluzione, è stato chiesto ai ragazzi di descrivere il comportamento delle diverse sostanze nell'acqua (si scioglie, si deposita sul fondo, colora il liquido...). Di seguito, è stato domandato loro di spiegare il significato della frase "La sostanza si scioglie". Metà della classe ha risposto che se la sostanza è bianca "scompare", diversi ragazzi che se è colorata "il liquido diventa del colore della sostanza", alcuni che "non si vedono più i granelli".

Considerato che per molti la sostanza, quando viene sciolta in acqua, "scompare", è stata necessaria una riflessione sul significato della parola "scompare": non si vede più oppure, effettivamente, non c'è più?

Buona parte degli alunni riteneva che una sostanza solida bianca che si scioglie in acqua rimane tutta presente nel liquido, anche se non si vede, ma c'era anche chi pensava che una volta sciolta "non c'è più" o "rimane solo in parte". Il comportamento delle sostanze colorate confondeva ancora di più gli studenti: diversi hanno scritto che la sostanza solubile rimane solo in parte; una persona ha scritto che, nonostante il colore, la sostanza non c'è più. Alcune persone mostravano gli stessi dubbi anche sulle sostanze insolubili in acqua.

¹ Abbiamo utilizzato questo spunto venuto dagli allievi perché ci ha consentito di introdurre il fenomeno della dissoluzione. In particolare, a proposito del comportamento in acqua come criterio per differenziare le sostanze, si è potuto concludere che si può affermare che due sostanze sono diverse se il loro comportamento in acqua è differente (ad esempio se una delle due si scioglie e l'altra no). Per evitare poi che gli allievi potessero dedurre da questa conclusione che se due sostanze hanno lo stesso comportamento in acqua si tratta della stessa sostanza, si è chiesto loro se ritenevano che la prova di dissoluzione potesse essere un metodo utilizzabile per distinguere due sostanze come il sale da cucina e lo zucchero.

² Per convenzione, due specie chimiche si considerano insolubili una nell'altra quando una di essa si scioglie nell'altra per meno di 10^{-3} moli di entità per litro.

E' stato quindi richiesto agli alunni di pensare ad una prova che potesse consentire di verificare le loro ipotesi. Successivamente, sono state prese in considerazione in classe tutte le proposte avanzate (guardare con una lente; chiudere il recipiente con un tappo ed esaminarlo per vedere se la sostanza evapora; travasare per vedere se si vede la sostanza; far evaporare il liquido; filtrare; pesare). Dopo aver discusso le proposte, sono state realizzate le prove ritenute più valide.

Una prova di riscaldamento prolungato di una soluzione acquosa di sale da cucina, determinando l'evaporazione dell'acqua e la deposizione del sale nel recipiente che conteneva la soluzione di partenza, ha dimostrato qualitativamente che la sostanza disciolta, anche se non più visibile, era presente nel liquido.

Dopo aver sottolineato che per comprendere il fenomeno della dissoluzione è necessario chiarire se, in caso di mescolamento con l'acqua, tutta la sostanza o solo una parte di essa rimanga nel liquido (come diversi ragazzi avevano affermato), è stato chiesto agli alunni di pensare ad un metodo sperimentale che consentisse di verificare in modo quantitativo la permanenza nell'acqua delle sostanze.

5) Verifica delle ipotesi mediante pesata.

La verifica quantitativa della permanenza nell'acqua delle diverse sostanze è stata effettuata, seguendo il suggerimento fornito da un alunno e condiviso con l'intero gruppo classe, mediante pesata dell'acqua e della sostanza prima del mescolamento e successiva pesata del liquido ottenuto.

Nella figura sono rappresentati i passaggi fondamentali della procedura sperimentale progettata ed eseguita in classe.



Il passaggio al quantitativo compiuto con questa esperienza ha reso necessaria una parentesi di approfondimento sull'**errore di misura** e sulla **sensibilità** della strumentazione utilizzata.

La riflessione in classe sui risultati degli esperimenti ha consentito ai ragazzi di constatare che la sostanza, anche se “sparita” in seguito al mescolamento, è effettivamente rimasta dentro l’acqua, poiché pesando separatamente sostanza solida e acqua e poi il liquido ottenuto dal loro mescolamento si è constatato che i valori corrispondevano.

6) Formulazione di alcune definizioni (sostanza solubile, soluto, solvente, soluzione) e della legge di conservazione della massa³.

Al termine di questo lavoro, gli alunni, sulla base dell’osservazione effettuata nelle fasi precedenti, hanno formulato la definizione di *sostanza solubile*: *si definisce solubile una sostanza che, quando viene mescolata con l’acqua, scompare alla vista lasciando il liquido limpido e trasparente, incolore o colorato a seconda se essa è bianca o colorata.*

Il *soluto* è stato definito come *la sostanza che si scioglie in acqua e non si vede più*; il *solvente* nel nostro caso era l’acqua, ma in generale è stato definito come *il liquido nel quale introduco la sostanza da sciogliere (soluto)*; la *soluzione* è *il liquido che si ottiene dopo aver sciolto una sostanza (soluto) in acqua.*

Per quel che riguarda la conservazione della massa nel processo di dissoluzione, gli alunni hanno formulato il seguente enunciato: *“Attraverso il metodo della pesata abbiamo verificato che, sia nei casi in cui le sostanze si sciolgono in acqua, sia nei casi in cui le sostanze non si sciolgono in acqua, l’insieme di acqua e sostanza pesa come/pesa uguale alla somma delle singole porzioni/sostanze che compongono l’insieme.”*

Per contestualizzare il concetto di soluzione, sono state portate in classe bottigliette di tè e di acqua minerale sia gasata che naturale, ed è stato chiesto agli allievi di identificare, utilizzando le informazioni contenute nelle etichette delle bottiglie, quali secondo loro fossero soluzioni. Tale lettura ha convinto tutti che anche l’acqua della bottiglietta, contenendo numerose sostanze disciolte, è una soluzione. Come ulteriore esempio di soluzione, si è fatto riferimento all’acqua del mare; sottolineando che, pur chiamandosi acqua, come quella presente nelle bottiglie contiene numerosi sali tra cui quello che utilizziamo in cucina; a questo proposito si è parlato dei metodi utilizzabili per estrarlo, discutendo delle saline e del processo che in esse avviene (l’evaporazione dell’acqua e la deposizione del sale) e richiamando le esperienze delle lezioni precedenti.

Il tema delle soluzioni è stato esteso anche alle soluzioni di due liquidi, come acqua e alcool, e si è rilevato come esistano liquidi tra loro insolubili, portando come esempio il caso di acqua e olio.

7) Solubilità e concentrazione

³ Con i ragazzi non è stata mai utilizzata l’espressione “conservazione della massa” per non dover aprire il discorso sulla differenza tra massa e peso, che avrebbe assorbito quasi tutto il tempo a disposizione.

Successivamente si è chiesto ai ragazzi se, secondo loro, continuando ad aggiungere sale ad una soluzione ottenuta sciogliendo una certa quantità di sale in acqua, il sale avrebbe continuato a sciogliersi indefinitamente oppure no. Anche in questo caso, attraverso un opportuno tratto di percorso, si è giunti alla messa a punto e alla realizzazione di un'esperienza che ha consentito di riconoscere l'esistenza di un limite nella possibilità di dissoluzione di un sale solubile nell'acqua.

Ci si è allora chiesti se esso fosse uguale per tutte le sostanze oppure no e per passare ad una misura quantitativa di tale limite (in seguito definito limite di *solubilità* o *solubilità*), si è costruito il concetto di concentrazione di una soluzione, misurata come *rapporto tra i grammi di soluto e quelli di solvente utilizzati*.

8) Individuazione di alcuni parametri che influenzano la solubilità; progettazione, esecuzione ed interpretazione di esperimenti per studiare l'effetto della T sulla solubilità di diverse sostanze.

Avendo constatato in più occasioni che i ragazzi erano in grado di ipotizzare alcune variabili che influenzano il processo di dissoluzione di un solido in un liquido (qualità e quantità della sostanza, temperatura) sono state progettate ed eseguite prove sperimentali al fine di determinare la solubilità di quattro sostanze diverse (cloruro d'ammonio, solfato di nichel, solfato di rame, bicromato di potassio) a diverse temperature (0°C, 25°C e 50°C).

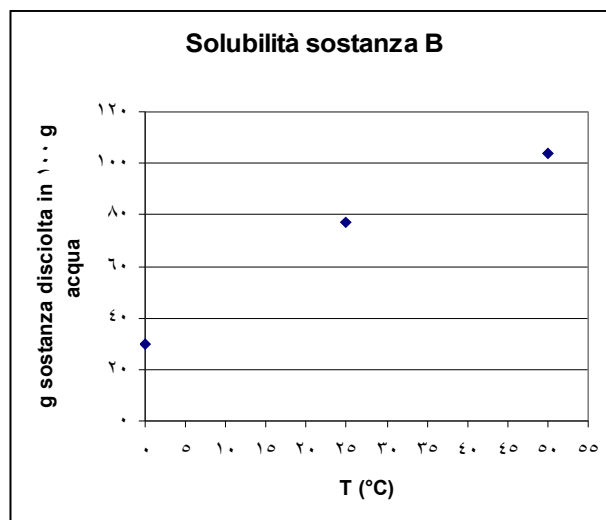
Le esperienze svolte hanno fornito l'occasione per una riflessione sull'importanza dell'organizzazione dei dati prodotti nelle attività di sperimentazione e della loro rappresentazione, al fine di ottenere informazioni sul fenomeno analizzato. In particolare, è stato chiesto di:

- operare sui dati ottenuti da diversi "ricercatori" rendendoli confrontabili tra loro,
- organizzare i dati in **tabelle** che ne consentissero una rappresentazione sintetica e un rapido confronto,
- riportare i dati su un **diagramma cartesiano**.

Vengono riportati di seguito alcuni dei risultati ottenuti:

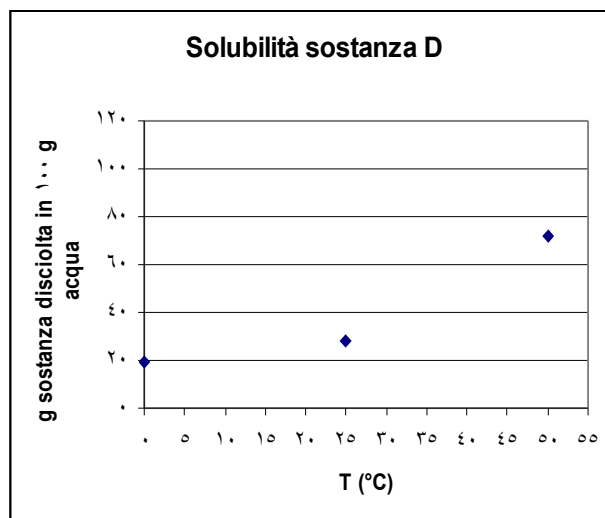
Elaborazione dei dati della prova di dissoluzione del Solfato di Nichel :

T (°C)	grammi di sostanza disciolta in 100 g di acqua
0	30
25	77
50	104



Elaborazione dei dati della prova di dissoluzione del Solfato di Rame :

T (°C)	grammi di sostanza disciolta in 100 g di acqua
0	19
25	28
50	72



Ponendo i grafici a confronto, si è dedotto che, per le sostanze esaminate, in generale la solubilità aumenta all'aumentare della temperatura.

L'osservazione delle curve di solubilità di diverse sostanze ricavate da libri di testo ha confermato che, in genere, la solubilità aumenta con la temperatura, ma vi sono casi in cui il comportamento è differente, ad esempio che all'aumentare della temperatura la solubilità diminuisce.

Aspetti metodologici

a) Didattica laboratoriale

Come si è già accennato nell'introduzione, la metodologia utilizzata nella proposta didattica in esame prevede che gli studenti debbano progettare e sviluppare gradualmente il procedimento che li porterà alla soluzione dei problemi che vengono loro proposti, e, alla fine, esaminare e verificare la soluzione. Durante questo procedimento essi hanno bisogno di elaborare e discutere ipotesi (progettando ed eseguendo esperimenti), reperire informazioni (consultando libri, esaminando oggetti) e presentare i risultati. In altri termini, i ragazzi costruendo il proprio sapere, acquisiscono contemporaneamente capacità trasversali di progettazione, di verifica dei risultati, riflessione sul lavoro, come anche capacità generali di collaborazione e comunicazione.

Riteniamo fondamentali la capacità di osservare e quella di predisporre e realizzare (semplici) esperimenti: anche in questo caso, però, l'insegnante deve porre estrema attenzione al tipo di esperienze da far svolgere in classe. Di per sé, il fatto di presentare alcuni aspetti pratici relativi ai contenuti trattati non costituisce necessariamente un valore aggiunto: gli stessi libri di testo tendono talvolta a paracadutare sulla testa dei ragazzi gli esperimenti con troppo dogmatismo e superficialità.

Gli esperimenti (così come i contenuti teorici) dovranno essere scelti in modo tale da essere significativi per gli alunni. Adottare, inoltre, una metodologia di lavoro in cui i ragazzi vengano chiamati a progettare gli esperimenti da svolgere, favorirà un contatto con la realtà con un valore cognitivo più profondo e meno simile ad un semplice "gioco".

Partire da aspetti concreti ed operativi non implica in modo automatico il coinvolgimento dei ragazzi, ma senza dubbio lo facilita.

b) Organizzazione del lavoro

L'attuazione del progetto è avvenuta attraverso schede scritte.

La riflessione intorno alle situazioni proposte è stata organizzata generalmente attraverso le seguenti fasi:

- un lavoro individuale scritto (prima scheda individuale), stimolato da una domanda scritta;
- un lavoro in piccoli gruppi, di massimo quattro persone, guidato da una scheda di gruppo, che prevede una discussione dei lavori individuali e l'elaborazione, sempre scritta, di una risposta "di gruppo" condivisa. Ai gruppi viene anche affidato lo svolgimento di semplici procedure sperimentali;
- una discussione orale conclusiva in cui tutti i gruppi, tramite alcuni rappresentanti, espongono il loro elaborato mentre gli altri componenti di ogni gruppo partecipano alla discussione.

Trasversalità

a) *Collegamenti interdisciplinari*

Facendo riferimento in modo particolare alle soluzioni acquose, il tema è correlabile a molte parti dei curricula disciplinari, ad esempio:

- area storico-geografica: l'estrazione del sale dall'acqua di mare nella storia, le "vie del sale", le caratteristiche dei diversi mari della Terra in relazione ai diversi gradi di salinità delle acque, ...
- area scientifica: educazione ambientale ed educazione alla salute, processi biologici che implicano reazioni in soluzione, ...
- area matematica: tabelle e diagrammi cartesiani, rapporti e proporzioni, ...

b) *Aspetti linguistici*

Nell'interazione didattica l'insegnante non dovrebbe mai sottovalutare le problematiche relative alla comprensibilità del linguaggio che utilizza. Poiché crediamo che il linguaggio utilizzato dagli insegnanti a scuola debba essere quello comune, se è necessario l'uso di termini specifici, come succede in ambito scientifico, occorre che tali termini siano inseriti in frasi costituite da parole del linguaggio comune. Queste frasi, infatti, vengono comprese dagli allievi perché sono costituite da parole che conoscono, e tale comprensione li conduce a cogliere il significato dei termini introdotti.

Non si tratta di un'operazione facile, è necessario uno specifico lavoro in aula; se l'insegnante sottovaluta questo compito didattico e ricade nel mero tecnicismo può, infatti, accadere che la scarsa comprensibilità di ciò che propone generi nell'alunno l'abitudine a ripetere senza comprendere.

Occorre, invece, lo ribadiamo, che l'insegnante parta dal lessico dei propri alunni arricchendolo gradualmente con i termini specifici che vanno acquisendo significato concettuale per i propri allievi, con l'obiettivo di giungere alla costruzione di significati condivisi nella classe; l'importanza di questo modo di operare è grande perché, se condotto opportunamente, fa nascere negli allievi l'esigenza di comprendere il significato delle parole che vengono usate e stimola un atteggiamento generale di tipo comprensivo.

Ecco allora che la **definizione**, a scuola, può uscire dal ruolo astratto che spesso le viene attribuito, per assumere il significato di sintesi concettuale. Naturalmente, è necessario che l'uso dei termini-concetto si realizzi solo quando lo studente abbia acquisito gli strumenti cognitivi che gli permettono di comprenderlo e di applicarlo e che la definizione sia la conclusione del lavoro di costruzione del significato e sia strutturale rispetto al significato costruito con il percorso didattico. Se si introducono definizioni che non corrispondono al lavoro che gli allievi hanno svolto e che non interagiscono con la struttura cognitiva di chi deve apprenderli, queste non potranno che essere memorizzate.

E' ciò che spesso succede a scuola: le definizioni per gli studenti rispondono solo ad un'esigenza di caratterizzazione formale e vengono studiate come vuole l'insegnante; invece di favorire la concettualizzazione, la ostacolano, assecondando un apprendimento esclusivamente mnemonico.

Il ruolo della definizione dovrebbe essere quello di fissare significati per permettere di condividerli; avendo chiaro, come insegnanti, che il suo carattere convenzionale la rende tanto più significativa quanto più chi la formula ne conosce i limiti di validità.

Avviare gli alunni alla capacità di produrre **definizioni operative** come formulazioni conclusive, negoziate e condivise, di un concetto, favorisce la capacità di comprensione e di espressione linguistica, in un processo di costruzione progressiva e consapevole della conoscenza. E' ciò che si è effettuato nell'esperienza presentata in questo contributo: mirare il lavoro verso definizioni ancorate ai fatti osservati e costruite attraverso il percorso didattico realizzato in classe.

Verticalità

Fermo restando un percorso laboratoriale basato su esperimenti accessibili, il tema è talmente ampio da poter essere proposto a livelli di approfondimento differenziato nei diversi ordini di scuola.

Nella scuola primaria e nella secondaria di primo grado, riteniamo opportuno limitarci alla descrizione del fenomeno (come avviene), fermandoci ad una sua interpretazione macroscopica. Nella scuola secondaria di secondo grado, invece, sarà possibile proporre un modello particellare della materia per passare alla sua spiegazione (perché avviene) .

⇒ **Nella Scuola Primaria**

si dovrebbe dedicare un maggiore spazio temporale allo svolgimento delle attività di **classificazione** introdotte nella prima fase del progetto, utilizzando, però, un gruppo di oggetti di uso comune, che non rappresentino, cioè, di per se stessi un ostacolo cognitivo. Tale attività consente l'acquisizione/consolidamento di abilità quali la capacità di cogliere uguaglianze e differenze, la capacità di osservare non casualmente, la capacità di effettuare generalizzazioni (è necessario un passaggio verso l'astrazione per arrivare dalle differenze/uguaglianze, di volta in volta individuate, alla caratteristica in esame dell'oggetto (ad esempio per due oggetti, uno dei quali è di plastica e l'altro è di vetro, la caratteristica in esame è "materiale"). Dal punto di vista linguistico un lavoro del genere permette ai bambini di impadronirsi del significato delle parole "simile/analogo", "uguale", "diverso".

In un secondo tempo sarà possibile lavorare con i bambini sul significato delle parole “liquido”, “colorato”, “incolore”, “trasparente”, “limpido”, “opaco”, requisito imprescindibile per arrivare alle **definizioni operative** di *sostanza solida solubile* in acqua e di *soluzione*.

Una maggiore attenzione richiederanno anche la predisposizione e successiva esecuzione di **sequenze** operative, attività che consentiranno alle insegnanti della scuola primaria di potenziare la capacità di organizzazione spazio-temporale dei loro piccoli alunni.

Per quanto riguarda il concetto di *concentrazione*, esso potrebbe essere sviluppato in modo qualitativo nei primi anni della scuola primaria, facendo uso di sostanze colorate che permettono di evidenziare la differenza di concentrazione attraverso la diversa intensità di colorazione. Nel secondo ciclo della scuola primaria sarebbe possibile avviare alla costruzione del concetto di *conservazione della massa* nel processo di dissoluzione con esperienze analoghe a quelle descritte nel lavoro precedente, sia attraverso l'uso della bilancia che attraverso esperimenti di evaporazione del solvente.

Anche la metodologia di lavoro su schede, ovviamente, richiederebbe un impegno assiduo per avviare i bambini, una volta acquisito il mezzo espressivo della scrittura, ad un suo uso consapevole.

⇒ **Nella Scuola Secondaria di secondo grado**

il percorso laboratoriale potrebbe essere completato attraverso esperienze di separazione dei componenti di una soluzione realizzate con altri metodi (distillazione, cromatografia, estrazione con solventi) al fine di coniugare le abilità manuali con conoscenze teoriche, lessicali e cognitive più approfondite.

Nella scuola secondaria di secondo grado l'“enciclopedia cognitiva” dei ragazzi sarà, presumibilmente, adeguata per una comprensione significativa del modello particellare della materia.

Sarà, quindi possibile accedere alla spiegazione microscopica della dissoluzione di un solido ionico in acqua. Questa, a sua volta, permetterà altri possibili sviluppi del percorso che potrebbero riguardare, ad esempio, esperimenti di *conduzione* in soluzioni elettrolitiche (perché né l'acqua “pura”, né il sale allo stato solido conducono elettricità, al contrario della soluzione?).

Ancora, si potrebbe verificare come la dissoluzione di alcune sostanze possa variare l'acidità di dell'acqua, lavorando quindi sui concetti di *acidità*, *basicità* e *pH*.

Bibliografia

- Anolli, L. (2002), *Psicologia della comunicazione*, il Mulino, Bologna.
Bloomfield L. (1933), *Language*, Holt. New York, traduzione italiana (1974) *Il linguaggio*, Il Saggiatore, Milano.
Boscolo, D.P. (1986), *Psicologia dell'apprendimento scolastico*, Utet, Torino.
Bostrom, R.N. (1990), *La persuasione*, Nuova ERI/Edizioni RAI, Torino.

- Bramki, D. e Willimas, R. (1984), *Lexical familiarization in economics text books*, *Reading in a Foreign Language* 2/1, pp.169-181.
- Cavallini, G. (1989), *Insegnamento scientifico e processi cognitivi*, *Scuola e Città*, p. 321.
- Chomsky, N. (1989), *La conoscenza del linguaggio*, Il Saggiatore, Milano.
- Cimatti, F. (1999), *Fondamenti naturali della comunicazione* in *Manuale della comunicazione* a cura di Gensini, S., Carocci, Roma.
- Corno, D. (1991), *Il ragionar testuale: il testo come risultato del processo di comprensione*, in *La centralità del testo nelle pratiche didattiche*, a cura di Desideri, P., La Nuova Italia, pp. 45-67.
- Dagognet, F. (1987), *Tavole e linguaggi della chimica*, Theoria, Roma.
- Darien, S. (1981), *The role of definitions in scientific and technical writing: forms, functions and properties*, *English Language Research Journal*, 2, pp.41-56.
- Dewey, J. (1989), *Cómo pensamos: nueva exposición entre pensamiento y proceso educativo*, Paidós, Barcelona.
- Driver, R. (1988), *L'allievo come scienziato? La formazione dei concetti scientifici nei preadolescenti*, Zanichelli, Bologna.
- Ennis, R.H. (1974), *Definition in Science Teaching*, *Instructional Science*, 3, pp.285-298.
- Fiorani, E. (1998), *Grammatica della comunicazione*, Lupetti, Milano.
- Flowerdew, J. (1992), *Definitions in science lectures*, *Applied Linguistics*, vol. 13, n.2, pp.202-221.
- Foucault, M. (1972), *L'ordine del discorso*, Einaudi, Torino.
- Gensini, S. (1999), *Manuale della comunicazione*, Carocci, Roma.
- Grice, H.P. (1978), *Logica e conversazione* in *Gli atti linguistici* a cura di Sbisà, M., Feltrinelli, Milano.
- Hjelmslev, L.T. (1968), *I fondamenti della teoria del linguaggio*, Torino, Einaudi.
- Innis, H. (1982), *Le tendenze della comunicazione*, SugarCo, Milano.
- Lumbelli, L. (1982), *Psicologia dell'educazione*, I, *La comunicazione*, il Mulino, Bologna.
- Lumbelli, L. (1984), *Per una diagnosi della comprensibilità*, in *Riforma della Scuola*, n.3, pp.23-32.