

ISSN 0392-5942

Anno XXVII, n. 2, 2005

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

# CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

NUMERO SPECIALE

LA CHIMICA NELLE SSIS

Spedizione in abbonamento postale art. 2 comma 20/C legge 662/96 Filiale di Bologna

<http://www.sci.uniba.it>  
<http://didichim.org>



Anno XXVII  
Marzo - Aprile

**Direttore responsabile**

Pierluigi Riani  
Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale  
Via Risorgimento, 35 - 50126 Pisa  
Tel. 0502219398 - fax 0502219260  
e-mail: riani@dcci.unipi.it

**Past-Editor**

Paolo Mirone  
e-mail: paolo.mirone@fastwebnet.it

**Redattore**

Pasquale Fetto  
Facoltà di Medicina Veterinaria  
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 OZZANO E. (BO)  
Tel. 0512097897 - fax 0516511157  
e-mail: pasquale.fetto@unibo.it

**Comitato di redazione**

Liberato Cardellini, Marco Ciardi, Pasquale Fetto,  
Paolo Mirone, Ermanno Niccoli, Fabio Olmi,  
Pierluigi Riani, Paolo Edgardo Tedesco, Francesca  
Turco, Giovanni Villani

**Comitato Scientifico**

Luca Benedetti, Rinaldo Cervellati, Rosarina  
Carpignano (Presidente della Divisione di Didattica),  
Luigi Cerruti, Giacomo Costa, Franco Frabboni,  
Gianni Michelin, Ezio Roletto

**Editing**

Documentazione Scientifica Editrice  
Via Imerio, 18-40126 Bologna  
Tel. 051245290 - fax 051249749

**Periodicità:** bimestrale (5 fascicoli all'anno)

**Abbonamenti annuali**

Italia • 48 - Paesi comunitari • 58  
Fascicoli separati Italia • 12  
Fascicoli separati Paesi extracomunitari • 15  
Gli importi includono l'IVA e, per l'estero le spese di  
spedizione via aerea  
Spedizione in abbonamento postale Art.2 comma  
20/C Legge 662/96 Filiale di Bologna

**Ufficio Abbonamenti**

Manuela Mustacci  
SCL Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma  
Tel 068549691 fax 068548734  
E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it  
Copyright 1995 Società Chimica Italiana  
Pubblicazione iscritta al n. 219 del registro di Can-  
celleria del Tribunale di Roma in data 03.05.1996

La riproduzione totale o parziale degli articoli e delle  
illustrazioni pubblicate in questa rivista è permessa  
previa autorizzazione della Direzione  
La direzione non assume responsabilità per le opi-  
nioni espresse dagli autori degli articoli, dei testi  
redazionali e pubblicitari

**Editore**

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

**Stampa**

LE GRAFICHE RECORD snc  
S. Giorgio di P. (BO) - Tel. 0516650024

Premessa: gli "Speciali" di CnS, un lavoro difficile, ma necessario <i>Pierluigi Riani</i>	1
Il corso di perfezionamento in chimica a indirizzo didattico dell'Università di Modena <i>Paolo Mirone, Giovanna Gavioli</i>	2
La formazione iniziale degli insegnanti: riflessione sulla esperienza maturata nelle SSIS e considerazioni sugli sviluppi futuri <i>Sergio Torrazza</i>	4
Alcune problematiche di fondo della formazione iniziale degli insegnanti nell'esperienza del modulo didattico su "Comunicazione e Linguaggio Scientifico" <i>Aldo Borsese, Marcella Mascarino</i>	10
L'esperienza del tirocinio didattico e del laboratorio di didattica nella formazione primaria dei docenti: un bilancio, le prospettive <i>Cristina Duranti, Fabio Olmi</i>	74
Storia della scienza ed epistemologia nella SISS piemontese. Un'esperienza incompiuta <i>Luigi Cerruti, Francesca Turco</i>	82
Didattica scientifica a distanza: è possibile? come? <i>Gianni Michelin</i>	86
Il laboratorio red: modelli di lavoro e didattica delle scienze <i>Fausta Carasso Mozzi</i>	94
Suole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario (SSIS): suggerimenti per una didattica dei concetti scientifici <i>Ermanno Niccoli</i>	106
L'atomo dal Rinascimento alla meccanica quantistica Un'analisi storico-epistemologica di fondamentale valenza didattica <i>Giovanni Villani</i>	138
Problem solving & dintorni: attività per l'acquisizione di abilità cognitive di ordine elevato <i>Liberato Cardellini</i>	151
(In)Competenze delle matricole ma non solo <i>Mario Branca</i>	168
Il laboratorio di didattica nel corso integrato di didattica della chimica SSIS Università di Cagliari <i>Maria Vittoria Massidda</i>	175
Un problema chimico - fisico per i futuri insegnanti della Scuola Secondaria Superiore: l'insegnamento della Termodinamica <i>Pierluigi Riani</i>	181

## Premessa: gli “Speciali” di CnS, un lavoro difficile, ma necessario

Pierluigi Riani \*

Annunciato all’inizio dello scorso anno, esce finalmente il numero speciale di CnS dedicato alle SSIS (Scuole di Specializzazione all’Insegnamento Secondario). Una fatica notevole per il sottoscritto e per tutto il comitato di redazione, ma anche un risultato utile, che potrebbe (e forse dovrebbe) aprire una nuova fase per la nostra rivista. Nelle linee generali, quella dei numeri speciali dovrebbe diventare una buona abitudine, con il rispetto di una cadenza più o meno annuale. Intendiamoci bene: un numero speciale costa caro, e non potremo sempre permetterci fascicoli della consistenza di quello qui presentato (ebbene, sì: abbiamo cercato un “biglietto da visita” appariscente). Ma la sostanza di ogni speciale futuro dovrebbe restare la stessa: una visione panoramica riguardo a un determinato argomento o problema.

Non bisogna cercare in questo numero un’inquadratura unitaria, un filo conduttore particolare: l’unico filo conduttore è rappresentato dal fatto che nei lavori presentati si parla della SSIS, dei problemi della Chimica nelle SSIS, di proposte didattiche di argomento più o meno chimico proponibili nelle SSIS. Gli autori hanno prodotto senza alcuna indicazione centralizzata, né di argomento, né di estensione dello scritto; il risultato, di conseguenza, è palesemente eterogeneo.

I lettori potranno trovare in questo fascicolo:

- a) Lavori generali sulla SSIS come istituzione;
- b) Ricerche su aspetti particolari: Linguaggio e comunicazione, Laboratorio di didattica, Situazione degli studenti in ingresso;
- c) Didattica a distanza,
- d) Lavori riguardanti il possibile contributo della storia e dell’epistemologia nei corsi SSIS;
- e) Inquadramento di aspetti disciplinari da un punto di vista didattico e di aspetti didattici da un punto di vista disciplinare.

Nonostante l’eterogeneità, abbiamo la presunzione di aver prodotto un quadro interessante, anche se non completo, di ciò che è la Chimica nelle SSIS. Potrebbe essere un’operazione utile, anche in vista degli sviluppi futuri; in effetti il quadro si presenta quanto mai movimentato, e a tutt’oggi non vi è alcuna certezza riguardo a quello che sarà in futuro il canale di formazione, abilitazione e reclutamento degli insegnanti di scuola preuniversitaria.

A costo di ripetere ciò che ormai è stato più volte detto, vorrei sottolineare come la progettata abolizione delle SSIS (insieme con l’altrettanto progettata apertura del nuovo canale di formazione degli insegnanti come Laurea Magistrale) non sia stata preceduta da alcuna forma di controllo sui risultati delle SSIS stesse. Senza motivazioni esplicite si è proceduto a questa “riforma”, il cui decollo risulta peraltro (è un dato sperimentale) particolarmente difficile. Non per nulla è arrivato da parte del ministero un robusto segnale di apprezzamento di ciò che la SSIS è e produce; il risultato finale potrebbe essere quello che molti degli addetti ai lavori si auspicano: un puro e semplice cambiamento di “insegna”.

Comunque, in qualche modo la formazione iniziale degli insegnanti dovrà aver luogo, a meno che chi dirige la barca non venga solleticato dalla tentazione di ritornare alla vecchia laurea disciplinare (ovviamente specialistica) seguita semplicemente da un concorso, senza alcun percorso di formazione didattica, pedagogica e psicologica. Quindi coloro che insegneranno nelle lauree magistrali e dovranno in qualche modo occuparsi di Didattica della Chimica potranno sempre trovare materiale utile nel presente speciale.

E per il futuro? Sono in progetto altri numeri speciali; la redazione ha praticamente definito il titolo della seconda uscita (prevedibile per l’inizio del 2006). Una volta arrivati a conclusioni certe, ne daremo puntuale notizia sulla rivista.

---

\* Direttore di CnS - La Chimica nella Scuola

# IL CORSO DI PERFEZIONAMENTO IN CHIMICA A INDIRIZZO DIDATTICO DELL'UNIVERSITÀ DI MODENA

**Paolo Mirone e Giovanna Gavioli**

*Dipartimento di Chimica, Università di Modena e Reggio Emilia*

Nel 1971 si costituì presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Modena, per iniziativa di Gianfranco Fabbri, un "Gruppo di didattica chimica" al quale aderirono numerosi docenti universitari e di scuole secondarie. Questo gruppo, che aveva sede presso l'Istituto di Chimica fisica dell'Università, svolse fra il 1971 e il 1974 un'attività di aggiornamento in collaborazione con diversi enti, fra cui la Direzione Generale per l'Istruzione Tecnica del Ministero della Pubblica Istruzione, per conto della quale fu organizzato nel 1972 un corso trimestrale di aggiornamento per insegnanti della provincia di Modena.

Nel 1974 l'attività del gruppo ricevette un importante riconoscimento in seguito all'istituzione, mediante modifica dello statuto universitario, del "Corso di perfezionamento in chimica a indirizzo didattico" della durata di un anno, avente le caratteristiche di un corso universitario con insegnamenti sia teorici che sperimentali aperto a laureati in Chimica, Fisica, Matematica, Scienze Naturali, Scienze Biologiche, Scienze Geologiche o in possesso di altra laurea che consentisse l'insegnamento di materia chimica, o di cui la chimica fosse parte, in qualunque tipo di scuola secondaria di 2° grado e nella scuola media.

Questo corso rappresentò il primo intervento diretto e a carattere permanente di una Università italiana nel campo della formazione e dell'aggiornamento degli insegnanti di chimica. Per questo la pianificazione del corso pose problemi di non semplice soluzione riguardanti la scelta sia dei contenuti, sia dei modi della loro presentazione.

Quanto ai contenuti era necessario evitare la tentazione di una presentazione esauriente della chimica: dati i limiti di tempo e le differenze nelle conoscenze chimiche dei diversi tipi di laureati ammessi al corso, questa scelta avrebbe comportato seri rischi di superficialità e di apprendimento puramente mnemonico. Si decise perciò di svolgere ogni anno un unico argomento, di importanza centrale ma ben delimitato, così che potesse divenire l'asse portante e il punto di riferimento di tutta l'attività seminariale e di laboratorio (nei primi anni di attività del corso l'argomento scelto fu "Fattori energetici e probabilistici nelle reazioni chimiche").

Questa scelta monografica ha permesso di non disperdere energie e attenzione su un grande numero di informazioni e di concentrarle invece sugli aspetti metodologici, così da favorire nei futuri insegnanti l'acquisizione duratura di un atteggiamento critico di studio e di indagine tale da permettere loro di presentare agli studenti i concetti fondamentali in modo chiaro, corretto e attento alle relazioni con l'esperienza quotidiana.

Un ulteriore motivo a favore di una scelta monografica è stata la consapevolezza che la conoscenza di una disciplina è un requisito necessario ma non sufficiente per saperla insegnare con efficacia. Quindi nello stesso arco di tempo si doveva fornire un insieme di conoscenze di carattere psico-pedagogico di tipo sia generale che disciplinare, conoscenze che l'università italiana non ha mai fornito nei suoi corsi di laurea scientifici, ma che sono indispensabili al futuro insegnante per tenere conto del grado di sviluppo psichico degli allievi e del contesto sociale della scuola al momento della preparazione del progetto didattico della classe e del suo coordinamento col progetto globale.

Si mirava in questo modo a trasmettere ai perfezionandi la convinzione che un progetto didattico richiede di stabilire gli obiettivi che si vogliono raggiungere, di definire le strategie da applicare e la scelta dei contenuti da presentare, di progettare le forme di valutazione che permettano di analizzare la qualità dell'apprendimento e di verificare così la validità del progetto.

Il corso di perfezionamento si concludeva con la preparazione e la presentazione di un progetto didattico; la discussione orale dell'elaborato scritto costituiva la prova finale del corso.

Il corso fu attivato nell'anno 1975 con gli insegnamenti di Elementi di Didattica generale, Didattica della Chimica, Esercitazioni di Didattica della Chimica, Complementi di Chimica, Storia della Chimica, Strumentazione didattica. Esso si svolse regolarmente fino al 1982 con un numero via via crescente di iscritti provenienti da ogni parte d'Italia, numero che si assestò intorno a un valore superiore a cento (le iscrizioni erano a numero aperto).

In questo periodo si sviluppò, ad opera principalmente di Gianfranco Fabbri, il progetto di un bollettino che diffondesse le notizie riguardanti le attività del corso di perfezionamento, con l'obiettivo di stimolare iniziative analoghe in altre sedi, di gettare un ponte fra università e scuola e di costituire uno strumento utile all'aggiornamento degli insegnanti di chimica. Nacque così "La Chimica nella Scuola, bollettino del Corso di perfezionamento in chimica a indirizzo didattico dell'Università di Modena", il cui primo numero uscì nel gennaio 1979.

L'alto numero di iscritti e le iniziative collaterali al corso costituivano un impegno assai gravoso per il personale docente e non docente dell'Istituto di Chimica fisica, che fino a quel momento aveva dato il maggior contributo al funzionamento del corso. Ma i fattori decisivi per la sospensione delle attività nel 1982 furono altri.

Nei primi mesi del 1981 si era conclusa la prima tornata dei giudizi di idoneità previsti dal DPR 382/80 per il passaggio dei professori incaricati stabilizzati nel nuovo ruolo dei professori associati. L'esito di tali giudizi fu frustrante per numerosi professori incaricati che negli ultimi anni avevano speso buona parte del loro tempo nelle attività richieste per la progettazione, l'organizzazione e l'avvio del corso di perfezionamento, riducendo così la propria produttività scientifica intesa in senso tradizionale. Poiché per consolidata tradizione questo tipo di attività è l'unico ad essere preso in seria considerazione

nei concorsi universitari, questi colleghi furono in gran parte rimandati alla seconda tornata dei giudizi di idoneità e ovviamente dovettero correre ai ripari dedicando la maggior parte del proprio tempo alla produzione di pubblicazioni scientifiche, lasciando così privo del loro indispensabile contributo il corso di perfezionamento.

A questo si aggiunse un decreto ministeriale del 1982 che aboliva per tutti i corsi di perfezionamento il riconoscimento del punteggio utile nelle graduatorie per l'accesso all'insegnamento. Decreto che ebbe l'ovvio effetto di provocare un crollo del numero di iscrizioni.

Ma la storia del corso non finisce con la sospensione del 1982. Nell'anno accademico 1995/96 la Facoltà di Scienze dell'Università di Modena, in vista della non lontana (ma neppure vicinissima) attuazione della legge 341/90 che prevedeva l'istituzione delle Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario (S.S.I.S.), diede vita a un Corso di perfezionamento in Didattica delle Scienze per gli insegnanti della scuola secondaria di primo grado e l'anno successivo fece rinascere il Corso di perfezionamento in Chimica a indirizzo didattico col nuovo nome di Corso di perfezionamento in Didattica della Chimica.

L'impostazione di questo corso presupponeva che i perfezionandi possedessero una conoscenza di base della chimica e proponeva alla loro attenzione i temi che costituiscono i punti nodali dell'insegnamento/apprendimento della disciplina. Il corso si articolava nei seguenti moduli: Pedagogia e Didattica generale, Didattica disciplinare, Chimica generale e Chimica fisica, Chimica inorganica, Chimica organica, Aspetti analitici della chimica, Laboratorio didattico, Seminari di carattere generale e/o interdisciplinare.

L'impianto didattico sviluppato e messo a punto nel periodo 1996-1999 nei due corsi di perfezionamento attivati dalla Facoltà di Scienze ha fornito la base di riferimento per la progettazione e l'attivazione dei corsi abilitanti per l'indirizzo di Scienze Naturali della S.S.I.S. (classi A059, A060, A013).

Vale la pena di ricordare qui che il corso di abilitazione per la classe A013 è stato attivato solamente in sette regioni e solo in una sede per regione: Piemonte (Torino), Lombardia (Pavia), Veneto (Venezia), Emilia-Romagna (Modena), Campania (Napoli Federico 2°), Puglia (Bari), Sicilia (Palermo).

### **Bibliografia**

L. Benedetti e R. Andreoli, Il nostro corso per insegnanti. I. Principi generali. *CnS*, 1979, N. 1, p.39.

L. Contaldi Majorin, L. Benedetti, R. Andreoli, Il nostro corso per insegnanti. .II. Contenuti scientifici e pedagogici. *CnS*, 1979, N. 2, p. 49.

G. Gavioli, I corsi di perfezionamento in didattica della chimica nell'Università di Modena. *CnS*, **21**, (1999), 35.

# LA FORMAZIONE INIZIALE DEGLI INSEGNANTI RIFLESSIONE SULLA ESPERIENZA MATURATA NELLE SSIS E CONSIDERAZIONI SUGLI SVILUPPI FUTURI

**Sergio Torrazza**

*Direttore della SSIS Sardegna, sezione di Cagliari*

## **Premessa**

La formazione degli insegnanti dovrebbe costituire in ogni società civile una delle architravi su cui poggiare le possibilità di sviluppo delle conoscenze, competenze e capacità delle generazioni future del Paese. In tal senso ci si dovrebbe aspettare che il dibattito in merito ad ogni cambiamento delle sue finalità, dei suoi obiettivi e della sua collocazione istituzionale fosse appassionato e partecipato.

Spesso si ha invece la sensazione che tale argomento venga recepito come una nicchia riservata per gli addetti ai lavori e che in tale ambito possa costituire non un nodo centrale, ma uno strumento di interessi corporativi e di logiche compromissorie spinte fino al punto di snaturarne il filo logico portante che ne deve contrassegnare la credibilità.

Le riflessioni seguenti hanno lo scopo di riportare in evidenza tale filo logico, attraverso una riconsiderazione dei principi ispiratori originari e dei mutamenti che essi potrebbero subire al mutare della normativa che ne regola la attuazione.

## **La formazione iniziale degli insegnanti in Italia: principi ispiratori e finalità**

La formazione iniziale degli insegnanti di ogni livello scolastico si è basata finora su due provvedimenti normativi, la Legge 341 del 1990 e il D.M. 26/05/98.

La legge 341 ha costituito per un verso il punto di arrivo di una lunga fase di elaborazione progettuale, iniziata già a metà degli anni '50, strettamente connessa con la puntualizzazione dei processi di insegnamento/apprendimento ed al conseguente ripensamento del profilo professionale dell'insegnante e, per un altro verso il punto di partenza per la definizione di nuove modalità di formazione e di reclutamento degli insegnanti del nostro Paese, tenendo anche conto delle innovazioni che si andavano affermando anche in altri Stati europei.

Tra i principi ispiratori della Legge 341 figuravano rilevanti novità:

- a) il passaggio dalla logica rigida della **istruzione**, intesa come un insieme codificato di conoscenze da trasmettere, alla logica flessibile della **formazione**, basata sulla misura del risultato in termini di effettivo apprendimento dello studente, attraverso un suo attivo coinvolgimento;
- b) il carattere **professionalizzante** di tale formazione iniziale, sancito dal valore abilitante del titolo finale;
- c) l'affidamento **statutario** della formazione iniziale degli insegnanti alle Università, attraverso la istituzione del corso di laurea in Scienze della formazione primaria e di nuove strutture di Ateneo, le Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario (S.S.I.S.), di durata biennale.

Quest'ultimo aspetto era particolarmente significativo, perché in precedenza la formazione iniziale degli insegnanti della Scuola Primaria si svolgeva a livello pre-universitario, mentre per gli insegnanti della Scuola Secondaria non si svolgeva affatto (essendo sufficiente, per l'accesso all'insegnamento, la laurea disciplinare).

Sono poi dovuti trascorrere 8 anni per passare dalla fase dichiarativa enunciata dalla Legge 341 a quella operativa, sancita dal D.M. 26/05/98, che dettava i criteri generali entro i quali le strutture didattiche citate dovevano costruire la loro offerta formativa. Questo lungo intervallo temporale in parte è dipeso dalla complessità concettuale, organizzativa e funzionale delle nuove strutture, in parte è stata frutto di un tentativo (ahimè non riuscito) del ministro della Pubblica Istruzione dell'epoca di trovare soluzione, tramite concorso e corsi abilitanti riservati, al problema rappresentato dalla ingente massa di precariato accumulatasi negli anni nel sistema scolastico nazionale, al fine di consentire una partenza tranquilla delle nuove modalità di reclutamento degli insegnanti prefigurate dalla Legge 341.

Il D.M., oltre ad elencare i criteri generali per la disciplina delle SSIS, era corredato di alcuni allegati qualificanti del punto formativo concernenti:

- a) la elencazione degli obiettivi formativi della SSIS, che consentiva la individuazione di un profilo professionale ben focalizzato dell'insegnante;
- b) la articolazione dei contenuti minimi qualificanti in 4 aree distinte (l'area trasversale attinente alle Scienze dell'Educazione ed altri aspetti peculiari della funzione docente, l'area finalizzata alla acquisizione di competenze storico-epistemologiche e didattico-disciplinari, l'area attinente al laboratorio didattico e quella inerente al tirocinio professionale);
- c) il raccordo tra gli indirizzi formativi delle SSIS e le classi di abilitazione previste dalla legislazione scolastica);
- d) le forme di interazione e raccordo con il sistema scolastico, con particolare riferimento alle attività di laboratorio didattico e di tirocinio.

**4**

## **A. L'esperienza maturata dalle SSIS : luci ed ombre <sup>(1,2)</sup>**

Diversi sono stati a mio avviso gli aspetti positivi connessi con la elaborazione progettuale che ha costituito il retroterra

culturale delle SSIS e sperimentati nel corso di un quinquennio.

Tra di essi mi sembrano particolarmente rilevanti i seguenti 3 punti:

1. Per la prima volta si è formalmente dato vita ad una struttura formativa degli insegnanti esplicitamente intesa come **momento di un processo**. Contro una lunghissima tradizione italiana di formazione superiore *una tantum*, da portarsi in dote per il resto della vita lavorativa, si è affermata la visione di un processo a stadi di formazione continua, corredato di un sistema di crediti e debiti formativi.
2. La struttura della SSIS ha introdotto un elemento di forte originalità e specificità nel rapporto Università/Scuola.  
Va innanzi tutto sottolineato il carattere di partnership attribuito ai due soggetti: ciò da un lato consente il ruolo responsabile dell'università nel processo di formazione degli insegnanti, adeguandolo alla realtà già operante nelle altre nazioni europee, d'altro canto consente la possibilità di conciliare ed integrare la cultura disciplinare di impostazione accademica con la cultura professionale specifica del personale docente della scuola.
3. Un'altra importante connotazione potenzialmente positiva insita nella SSIS è costituita dal carattere di trasversalità ed interdisciplinarietà che viene introdotto nel sistema universitario.  
In particolare, l'esigenza e l'utilità di un rapporto tra l'area della educazione e quelle disciplinari, tradizionalmente debole nel sistema universitario italiano, la valorizzazione delle didattiche disciplinari fortemente focalizzate sui problemi di apprendimento degli allievi in relazione ai contenuti trattati, il collegamento delle didattiche disciplinari con il laboratorio didattico ed il tirocinio costituiscono elementi caratterizzanti essenziali non solo per il buon funzionamento delle SSIS, ma anche per riprendere il filo di un dialogo da troppo tempo interrotto tra le diverse anime della cultura nazionale.

Per contro, sono emersi nel corso della esperienza quinquennale delle SSIS anche diverse situazioni problematiche, attinenti sia al versante universitario che a quello scolastico coinvolti.

1. Per quanto concerne l'ambito universitario, il primo problema emerso riguarda, soprattutto in alcuni indirizzi della SSIS tradizionalmente meno attenti alla dimensione epistemologica disciplinare, l'effettiva *competenza didattica* della componente universitaria coinvolta nella docenza all'interno delle SSIS, conseguente ad una "storica" sottovalutazione della ricerca in didattica.

Ciò costituisce tuttora un freno notevole al coinvolgimento di giovani ricercatori in questo settore; questo fatto, a sua volta, costituisce un ostacolo importante al suo sviluppo anche in tempi come questi, in cui si notano segnali confortanti in termini di maggiore attenzione della comunità scientifica a tutto ciò che concerne la formazione degli insegnanti e delle future generazioni.

Il radicamento nella nostra struttura accademica di questo ambito di ricerca non è tanto un problema di fondi, ma di riconoscimento di pari dignità e di creazione di opportunità, se si vuole evitare di identificarlo con una sorta di "cimitero degli elefanti" per docenti a fine carriera o una "riserva indiana" di pochi studiosi, sia pure determinati. Un'altra difficoltà riscontrata riguarda la gestione del rapporto tra l'area delle scienze dell'educazione e le aree disciplinari. Il dialogo e la effettiva collaborazione tra le due componenti si sviluppa a rilento, non solo per la disabitudine che comporta difficoltà culturali ma anche comunicative e lessicali tra i docenti coinvolti, ma anche per ostacoli di natura organizzativa e per l'elevato numero di specializzandi a carico dei corsi di area comune, che limitano la disponibilità di tali docenti all'interno dei corsi di area disciplinare.

Un altro aspetto che deve essere chiarito meglio riguarda il rapporto tra la natura formativa professionalizzante delle SSIS e l'accertamento delle conoscenze disciplinari degli specializzandi richiesto dall'esame finale con valore abilitante previsto dal decreto ministeriale.

A mio avviso, la caratterizzazione *professionale* della scuola di specializzazione deve essere assolutamente salvaguardata: peraltro il problema della verifica di un doveroso e soddisfacente livello di padronanza dei contenuti disciplinari in uscita dalle SSIS, soprattutto nel caso di specializzandi che conseguono diverse abilitazioni o comunque abilitazioni in classi comprensive di numerose discipline, è una esigenza reale che non deve essere sottovalutata.

Personalmente ritengo che il problema debba essere affrontato tramite una selezione più rigorosa in ingresso, che preveda anche punteggi minimi da superare nelle prove di selezione e la utilizzazione più diffusa dei debiti formativi attribuibili agli specializzandi ammessi, in modo che possano rapidamente colmare le lacune contenutistiche disciplinari più rilevanti, prima di affrontare la formazione specifica professionale fornita dalle SSIS.

Ritengo poi che vada perseguita una più efficace valorizzazione delle competenze di ricerca di ciascuna delle componenti operanti all'interno di tali strutture ed una progressiva riduzione del peso delle tradizionali lezioni accademiche frontali, a vantaggio delle attività di gruppo, dei laboratori didattici e delle iniziative di ricerca - azione.

Infine, è necessario migliorare e rendere più collaborativo il rapporto con le Facoltà, le quali peraltro spesso oscillano tra l'ignorare le SSIS o il tollerare poco la loro autonomia didattica ed il rapporto privilegiato con la Scuola e, di riflesso, con il mondo del lavoro.

2. Sul versante scolastico, l'azione delle strutture universitarie che si occupano di formazione iniziale degli insegnanti deve tendere ad una migliore focalizzazione della figura professionale del supervisore delle attività di tirocinio: un adeguato riconoscimento normativo di tale figura si tradurrebbe in un incentivo all'acquisizione di una dimensione professionale che inciderebbe positivamente nella gestione di tali strutture e potrebbe dar luogo a benefiche ricadute nell'ambito scolastico da cui il supervisore proviene.

Per ragioni analoghe, sarebbe altrettanto importante un esplicito riconoscimento, nella normativa, della figura del

*tutor* di classe.

La valorizzazione di tale ruolo consentirebbe certamente una migliore sinergia tra la struttura universitaria di riferimento e gli istituti scolastici ospitanti le attività di tirocinio, con importanti conseguenze non soltanto in termini di dimensione professionale degli specializzandi, ma anche in termini di ricaduta nelle scuole ospitanti e di concreta possibilità di avviare ricerche didattiche comuni in collaborazione tra le Scuole e l'Università.

In questo modo si porrebbero basi più solide per la realizzazione di una partnership effettiva tra l'Università ed il sistema scolastico nella progettazione e nella conduzione delle attività di formazione iniziale degli insegnanti, recuperando in tal modo un livello minimo di permeabilità tra i due sistemi e superando diffidenze ed incomprensioni accumulate nel tempo.

Da questo punto di vista, troverei giusto rafforzare la componente scolastica all'interno delle commissioni per l'esame di Stato finale abilitante: ciò sarebbe non solo **logico**, perché consentirebbe alla committenza una migliore valutazione del prodotto della formazione operata dalle strutture universitarie, ma anche **utile** per tutti, perché ne verrebbe favorita una verifica **condivisa** del lavoro svolto.

A tal fine è assolutamente indispensabile creare un sistema di **monitoraggio** nazionale e locale efficiente, tramite il quale possano emergere indicazioni preziose per un miglioramento qualitativo dell'offerta formativa e della articolazione operativa: in tal senso si potrebbe pensare ad una collaborazione organica con gli Istituti Regionali di Ricerca Educativa (I.R.R.E.).

### **B. Le modifiche conseguenti ai cambiamenti normativi nell'ordinamento didattico universitario e della Scuola**

A breve distanza di tempo dall'inizio delle attività delle strutture didattiche di formazione iniziale degli insegnanti, sia della Scuola primaria che della Secondaria, sono intervenute modifiche legislative che hanno cambiato sia l'assetto generale della organizzazione didattica universitaria (D.M. n. 509 del 1999 e successivi decreti del 4/8 e 28/11 del 2000, attualmente in fase di ulteriore revisione) che quello scolastico (Legge 30/2000 sulla riforma dei cicli scolastici, poi abrogata e sostituita dalla Legge delega 53/2003).

Tali cambiamenti non potevano non avere conseguenze in termini di formazione iniziale degli insegnanti: in effetti, la Legge delega 53/2003, nell'art. 5, si occupa esplicitamente del problema e definisce o, data la vaghezza e per alcuni versi la ambiguità della delega stessa, lascia nell'indefinito fino all'approvazione dei decreti delegati la nuova regolamentazione del settore.

I punti definiti sono:

a) il modello **(3 + 2 + x)**, per tutti i gradi scolastici.

Successivamente alla laurea (3), sono previsti corsi di laurea specialistica (+2) ad accesso programmato *sulla base dei posti disponibili nelle istituzioni scolastiche*; tali lauree specialistiche *sono finalizzate anche alla formazione degli insegnanti*, hanno valore abilitante ed hanno *preminenti finalità di approfondimento disciplinare*;

b) gli abilitati, *ai fini dell'accesso nei ruoli organici del personale docente svolgono, previa stipula di appositi contratti di formazione – lavoro, specifiche attività di tirocinio* (+ x);

c) a tal fine, e per la gestione delle lauree specialistiche, sono istituite *apposite strutture di ateneo o di interateneo*, le quali curano altresì i rapporti con le istituzioni scolastiche.

Dai punti indicati emerge immediatamente il grado di ambiguità e, talvolta, di contraddizione interna esistente nel testo dell'art. 5 citato.

Infatti restano per ora indefinite le risposte ai seguenti interrogativi, acutamente lucidamente posti da Luzzatto: <sup>(3)</sup>

1. Quale ventaglio di finalizzazioni ulteriori possono avere corsi destinati *anche* alla formazione degli insegnanti, i cui accessi sono peraltro definiti sulla base di un preciso riferimento numerico solo ai posti disponibili per gli insegnanti?
2. Come è realizzabile per tali lauree specialistiche il carattere **professionalizzante** necessario per il previsto valore abilitante, se esse hanno anche finalizzazioni di altro tipo e se sono centrate soprattutto sul mero approfondimento dei contenuti disciplinari?
3. Come è possibile che una abilitazione professionalizzante preceda, anziché seguire, le specifiche attività di tirocinio?
4. Come è conciliabile la prevalenza disciplinare dei contenuti didattici dei corsi con la loro attribuzione gestionale a strutture di ateneo o di interateneo?
5. La acquisizione del contratto di formazione lavoro costituisce un diritto di ciascun abilitato e quale è la sua durata?
6. Al termine del contratto, con quali procedure viene determinato l'accesso ai ruoli?

Dal numero e dalla natura degli interrogativi posti si può facilmente desumere come l'assetto del futuro sistema di formazione degli insegnanti risulti ancora largamente imprecisato e che solo la stesura dei decreti delegati potrà sciogliere i nodi evidenziati dai quesiti.

Qualunque saranno le scelte operate dai decreti delegati, non si può non evidenziare che il testo della legge delega comporta alcuni passi indietro di notevole peso rispetto alla normativa precedente ed alla prospettiva europea peraltro richiamata nelle premesse della Legge stessa.

**6** Infatti manca completamente qualunque riferimento al **profilo professionale** dell'insegnante e all'esigenza di costruire un **curriculum formativo in funzione delle competenze** che l'insegnante dovrà possedere; inoltre, anziché configurare una

equilibrata partnership tra Università e Scuola, viene sottratta a quest'ultima la presenza nell'iter formativo iniziale dei futuri insegnanti, mentre alle Università viene attribuito un ruolo sovraordinato per la formazione in servizio degli stessi. Al contempo, aumentano ulteriormente gli elementi di incertezza relativi al nesso tra formazione e reclutamento, che invece appare sempre ben in rilievo nella normativa degli altri stati europei.

### C. La distribuzione dei crediti nella laurea specialistica per l'insegnamento: una proposta operativa

Ferme restando tutte le perplessità enunciate in riferimento alla nebulosità ed alle contraddizioni interne dell'art.5 della Legge 53, nonché le differenti opinioni registrate sul merito nel corso del dibattito da essa suscitato, si pone ora l'esigenza di trovare, almeno all'interno della componente universitaria, una via di uscita che non pregiudichi la qualità del curriculum formativo dei futuri docenti e costituisca una proposta soddisfacente in merito alla stesura dei decreti delegati.

Alcuni autorevoli consessi, quali la Conferenza dei Presidi delle Facoltà di Lettere e quella dei Presidi delle Facoltà di Scienze, nonché la Conferenza dei Direttori delle SSIS, hanno già presentato documenti ufficiali con osservazioni e proposte nel quadro della legge delega approvata dal Parlamento, sia pure con taglio e posizioni nettamente differenziate.

Le considerazioni che seguiranno e l'ipotesi illustrata vogliono rappresentare un contributo ad una discussione che possa consentire una soluzione ragionevole per le diverse componenti universitarie interessate al problema, senza che la ricerca di un consenso generalizzato si traduca in una perdita di significato del valore professionalizzante della laurea specialistica introdotta dalla Legge 53.

#### Considerazioni di carattere generale

**1.** A mio avviso, le considerazioni e le indicazioni riportate nei due articoli sulla Struttura di Ateneo e sui crediti e le interconnessioni pubblicati nel volume "Università e formazione degli insegnanti: non si parte da zero" <sup>(4,5)</sup> restano tuttora valide nelle linee generali.

In particolare mi sembrano del tutto condivisibili la salvaguardia degli aspetti positivi maturati all'interno della esperienza quinquennale delle SSIS e le modalità di accesso al biennio specialistico riportate nell'articolo di Curti già citato.

**2.** I compiti attribuiti alla struttura di Ateneo o InterAteneo dall'articolo 5 della Legge 53 sono molteplici e di peso rilevante (a cominciare dalla gestione dei corsi di laurea specialistica, come indicato nel comma 1e); non mi pare **funzionale**, da un punto di vista gestionale e relazionale con le altre strutture coinvolte (Direzioni scolastiche regionali, scuole, organismi delle Regioni coinvolti con competenza primaria), ma anche da un punto di vista strettamente **formativo** (unitarietà dell'ambiente di apprendimento, coordinamento didattico dei docenti, caratteristiche sistemiche della formazione) pensare a soluzioni di gestione segmentaria affidate a differenti strutture (Struttura di Ateneo e Facoltà).

**3.** Da questo punto di vista, i documenti presentati dalle Conferenze dei Presidi si differenziano nettamente.

Personalmente ritengo non condivisibile la collocazione all'interno delle Facoltà ipotizzata dal documento delle Facoltà di Lettere, così come la limitazione di compiti attribuita alla Struttura di Ateneo, nonché l'auspicio di realizzare la laurea specialistica abilitante come curriculum interno a classi di laurea specialistica già esistenti.

Mi pare anche che tale documento risenta della mancanza di una cornice complessiva che evidenzi il profilo professionale che si intende perseguire; le indicazioni in esso riportate sono riferite esclusivamente alla Scuola secondaria.

Nel documento dei Presidi delle Facoltà di Scienze, una serie di punti appaiono largamente condivisibili, quali:

- Il ruolo fondamentale della scuola in termini di diffusione della conoscenza scientifica;
- Il carattere di criticità associato alle conoscenze disciplinari;
- Il riferimento preciso alle competenze didattiche da acquisire (obiettivi di apprendimento, metodologie, laboratori didattici, misura degli apprendimenti);
- L'attenzione alle tecniche di comunicazione e di insegnamento delle discipline;
- La durata massima di 5 anni per il conseguimento dei 300 crediti nelle abilitazioni monodisciplinari o, in subordine, l'utilizzazione del periodo di tirocinio e formazione – lavoro per un eventuale completamento della preparazione didattica;
- L'impegno delle facoltà di Scienze alla attivazione nei propri corsi di studio del triennio di opportuni percorsi per gli studenti che intendano successivamente dedicarsi all'insegnamento;
- La presenza di attività di tirocinio nel biennio di formazione specialistica (come del resto già previsto anche nel rapporto iniziale del gruppo Bertagna);
- La disponibilità a contribuire alla costituzione della struttura di Ateneo per la gestione dei corsi di laurea specialistica per l'insegnamento;
- Il riconoscimento, ai fini della carriera di insegnante, del conseguimento di una laurea specialistica disciplinare;
- La necessità di un curriculum formativo per gli insegnanti della scuola primaria e dell'infanzia con un numero sufficiente di crediti da destinare alla preparazione matematico – scientifica e linguistico – umanistica di base (rispetto a quanto previsto dalla attuale classe 18, ritenuto insufficiente).

#### Proposta operativa di distribuzione di CFU nella laurea specialistica per l'insegnamento <sup>(6)</sup>

La approvazione della Legge delega n.53, ed in particolare la formulazione dell'articolo 5, nonché le norme previste dal Regolamento sull'autonomia didattica degli Atenei (D.M.n.509) non ostacolano la salvaguardia degli aspetti positivi derivanti dalla esperienza quinquennale delle SSIS.

Infatti è possibile ipotizzare una distribuzione dei Crediti formativi universitari (CFU) nella istituendo laurea specialistica per l'insegnamento che sia in linea con il D.M. 509 (per quanto concerne la tipologia dei crediti), senza stravolgere quella attualmente in opera nelle SSIS, con particolare riferimento alle quattro aree indicate nel D.M. del 26/05/98.



del percorso formativo; è del tutto evidente, in termini di coerenza progettuale e di coordinamento gestionale, il danno creato da tale dicotomia.

Alla luce di quanto prospettato nella bozza, si prefigura una situazione del tutto ingovernabile, data la parcellizzazione del percorso formativo attraverso gestioni disciplinari separate, a livello di singole Facoltà, che configura il docente in formazione alla stregua di un **solista disciplinare**, piuttosto che come **professionista formato per essere proficuamente inserito in una organizzazione complessa**, quale quella scolastica.

E' del tutto discutibile poi la **collocazione del tirocinio**, previsto in serie ed esterno rispetto al biennio specialistico universitario. Questa scelta, motivata con considerazioni di carattere professionale, non tiene nel dovuto conto l'esigenza che il tirocinio mantenga un raccordo organico stretto con le aree disciplinari e metodologiche e segna una deprecabile inversione di tendenza rispetto alla creazione di una **partnership** tra le componenti universitaria e scolastica nella gestione della formazione degli insegnanti, perseguita con grande impegno dalle SSIS ed indispensabile per la qualità ed efficacia del percorso formativo.

Appare anche negativa la eccessiva durata che assume tale percorso: non meno di sette anni e quindi **di durata superiore** a quella indicata negli ordinamenti degli altri Paesi europei, a meno di rendere il periodo di tirocinio ancora più ridotto, svuotandolo conseguentemente di significato.

Dietro a questo aspetto si nasconde, a mio giudizio, la resistenza a concepire la formazione come **un processo continuo**, che accompagni ciascuno di noi per l'intera vita lavorativa: da qui la pervicacia del nostro sistema ad attribuire alla formazione iniziale un carattere di **"tutta e subito"**, laddove sarebbe molto più proficuo prevedere una gradualità processuale, riconoscibile e gratificabile in itinere, all'interno dell'ambiente di lavoro.

Un cenno particolare merita poi il tentativo sistematicamente operato dal ministero per coinvolgere la Università in un **meccanismo perverso di sanatorie** tendenti ad una "soluzione finale" del problema sociale e politico costituito dai cosiddetti "diritti acquisiti" di un vasto arcipelago di precariato esistente all'interno del sistema scolastico.

La filosofia seguita dal Ministero e gli atti conseguenti denotano una grossolana tendenza alla omogeneizzazione, in termini di punteggio e di reclutamento, di situazioni fortemente differenziate sia in base alla differente qualità del percorso formativo già svolto che in riferimento alla sua durata.

A conforto della mia valutazione negativa, ritengo giusto evidenziare che anche la Conferenza dei Rettori delle Università Italiane (CRUI) ha espresso **preoccupazioni e riserve**, di natura funzionale ed organizzativa, in merito al sistema di formazione degli insegnanti prefigurato, tanto da creare al suo interno un apposito gruppo di lavoro per seguirne da vicino l'iter parlamentare e tentare di incidere sulla qualità del suo assetto definitivo.

Tenendo conto di ciò, mi pare assolutamente necessario che tutte le componenti universitarie davvero interessate al problema della formazione degli insegnanti operino un serio tentativo di arrivare in tempi molto brevi alla formulazione di una proposta univoca, ma non incoerente, da concordare con la CRUI, in modo che tale organismo possa farsene portavoce con tutto il peso della propria autorevolezza.

Non va infatti dimenticato l'iter che la bozza di decreto deve ancora compiere: una prima approvazione da parte del Consiglio dei Ministri, il parere obbligatorio delle commissioni parlamentari competenti e quello della Conferenza Stato - Regioni, infine l'approvazione definitiva del Consiglio dei Ministri: un iter dunque di alcuni mesi.

Da questo punto di vista, si devono anche registrare le prime reazioni negative ufficiali da parte del sistema scolastico nel suo complesso (associazioni di insegnanti, sindacati del settore, istituzioni scolastiche..) sulla bozza di decreto delegato, contrarie soprattutto sulle modifiche del meccanismo di reclutamento ipotizzato dal decreto, che prefigura chiamate dirette dei docenti al posto dell'attuale meccanismo a graduatoria.

Infine, mi pare del tutto evidente che il nodo decisivo rappresentato dai compiti attribuiti alla **struttura di ateneo** prevista dall'art. 5 della Legge 53 <sup>(2)</sup> venga avviato a soluzione nel modo peggiore: essa infatti viene prefigurata in termini di **struttura di servizio**, invece che in termini di una struttura rappresentativa di tutte le componenti coinvolte al processo di formazione (compresa la componente scolastica) che punti a salvaguardare la organicità della formazione stessa, l'unitarietà del processo formativo ed una interazione tra le diverse componenti finalizzata a garantirne la qualità, nel rispetto di tutte le competenze coinvolte. Con la scelta indicata nella bozza di decreto ci si avvierebbe invece verso una irreversibile rinuncia a qualsiasi percorso di formazione **integrata** dei futuri insegnanti.

### Riferimenti bibliografici

1. Sergio Torrazza - "Le scuole di specializzazione per la formazione degli insegnanti: luci ed ombre", Atti del Seminario nazionale di Didattica dell'Astronomia, Cagliari, gennaio 2001
2. Luca Curti - "Esperienze da confermare, novità da promuovere", Atti del Convegno nazionale sulla formazione degli insegnanti, Messina, aprile 2004, in stampa
3. Junio Luzzatto - "Formazione iniziale: riforme fatte, riforme da fare", Rassegna dell'Istituto Pedagogico di Bolzano, aprile 2003
4. Sergio Torrazza - "La struttura di Ateneo per la formazione degli insegnanti", in "Università e formazione degli insegnanti: non si parte da zero", Forum, Editrice Universitaria Udinese, giugno 2002
5. Luca Curti - "Una struttura didattica per la formazione all'insegnamento: i crediti, le interconnessioni", in "Università e formazione degli insegnanti: non si parte da zero", Forum, Editrice Universitaria Udinese, giugno 2002
6. Sergio Torrazza - "Ipotesi di distribuzione dei crediti nella laurea specialistica per l'insegnamento", Atti del Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Torino, giugno 2003
7. Sergio Torrazza - "La formazione degli insegnanti: prospettive future", Atti del seminario "Formazione ed aggiornamento dell'insegnante di Italiano", Dipartimento di Italianistica, Firenze, novembre 2002, in stampa

# ALCUNE PROBLEMATICHE DI FONDO DELLA FORMAZIONE INIZIALE DEGLI INSEGNANTI NELL'ESPERIENZA DEL MODULO DIDATTICO SU "COMUNICAZIONE E LINGUAGGIO SCIENTIFICO"

Aldo Borsese, Marcella Mascarino

*SSIS, Università di Genova*

## PREMESSA

Lavorando nelle strutture didattiche deputate alla formazione degli insegnanti (Scuola di Specializzazione all'Insegnamento Secondario e Corso di laurea per insegnanti di Scuola Primaria) fin dalla loro costituzione, abbiamo potuto constatare che gli esperti in scienze dell'educazione danno indicazioni importanti per affrontare in modo adeguato l'insegnamento: creare in classe un clima sereno e amicale, far lavorare i ragazzi in piccoli gruppi, affrontare argomenti legati alla vita di tutti i giorni e a problematiche suggerite dagli stessi ragazzi, tener conto delle loro rappresentazioni mentali, fare ricorso alle "mappe concettuali", stipulare un contratto in cui vengano esplicitamente indicate le responsabilità e i doveri dell'insegnante e degli alunni, ecc.

Purtroppo, però, tutte queste indicazioni, tutti questi suggerimenti, forniti senza essere calati in un contesto didattico specifico, corrono il rischio di dotare i futuri insegnanti solo della capacità di esprimere ottime intenzioni ma non di quella di saperle tramutare in azioni concrete. Senza un'integrazione tra scienze dell'educazione e competenze didattiche disciplinari, infatti, si realizza solo la mera sovrapposizione di due specialismi, con la conseguente incapacità di mettere a punto significative proposte operative.

D'altra parte, la carenza nell'università di queste ricerche era già stata rilevata da uno degli autori di questo contributo alcuni anni fa, prima della attivazione dei canali formativi istituzionali per la formazione degli insegnanti. In un articolo dedicato a questo tema, infatti, rilevava: "le competenze di cui dispone l'università sono essenzialmente finalizzate alla ricerca scientifica e alla didattica universitaria; e non sono riproponibili direttamente per un uso didattico nei livelli scolastici inferiori. Occorrerebbe avviare studi e ricerche che affrontino tutta la dinamica e la dialettica del mondo scolastico in modo da evitare che l'apprendimento sia ridotto alla sola dimensione tecnica. Da questo punto di vista le risorse fornite finora dall'università contribuiscono talvolta a rafforzare una visione riduttiva dell'insegnamento e della professione dell'insegnante. D'altra parte l'insegnante dovrebbe possedere competenze che gli permettano di superare gli specialismi presenti nella disciplina e che gli consentano di proporre ciò che "trasferisce" in maniera il più possibile unitaria. Gli insegnamenti di scienze dell'educazione e delle didattiche disciplinari dovranno possedere caratteristiche peculiari: non si può pensare che si riproducano gli insegnamenti dei tradizionali corsi di laurea".

## Il problema dell'integrazione delle competenze

Fino alla metà del secolo scorso le figure dello scienziato e del filosofo coesistevano, nel senso che chi si occupava di questioni scientifiche contemporaneamente rifletteva sulla scienza, sul suo ruolo, sui suoi fini. Gli scienziati vivevano una dimensione pedagogica della scienza. Oggi chi si occupa di fisica, di chimica, di biologia, di scienze della terra lo fa in generale seguendo una logica tutta interna alle discipline, mentre gli esperti nel settore delle scienze dell'educazione riflettono sugli aspetti pedagogici, psicologici, sociologici dell'interazione e della comunicazione prescindendo dal contesto disciplinare in cui l'interazione e la comunicazione si manifestano.

Ciò determina grosse difficoltà di comunicazione tra queste due tipologie di esperti; difficoltà che, ovviamente, emergono negli insegnamenti rivolti ai futuri insegnanti; e non si può certo pretendere che questi ultimi, così formati, diventino immediatamente miracolosamente capaci di integrare la struttura di una certa disciplina, le modalità di trasferimento delle conoscenze e le strutture e le procedure mentali degli alunni!

Sarebbe necessario che essi riflettessero sui rapporti tra i fondamenti della psicologia dell'apprendimento (teorie dell'apprendimento, dello sviluppo cognitivo, ecc) e le questioni specifiche della disciplina (o delle discipline) che insegneranno, sui problemi del controllo del processo di insegnamento-apprendimento, sugli obiettivi che pensano di far acquisire agli alunni; per poi passare alla messa a punto di materiale didattico, alla sua sperimentazione in classe e alla sua rivisitazione sulla base dei risultati ottenuti.

Fare questo da soli richiederebbe loro ampi spazi temporali per studiare, confrontarsi, discutere, mentre sono oberati da una miriade di insegnamenti, alcuni dei quali, tra l'altro, potrebbero essere proficuamente sostituiti da una buona bibliografia, tenendo conto che si tratta di individui adulti e laureati.

Certamente il problema si ridimensionerebbe se, nelle strutture deputate alla formazione degli insegnanti, i corsi fossero ancorati a situazioni didattiche specifiche, se le riflessioni sulle modalità di integrazione tra contenuti e apprendimento avvenissero nei laboratori di didattica e nel tirocinio, sotto la guida di un team di esperti, in cui lavorassero insieme disciplinaristi ed esperti in scienze dell'educazione.

Il fatto è che ciò capita sporadicamente e quando si realizza non sempre avviene in maniera produttiva; affinché la presenza degli esperti favorisca una reale integrazione di competenze funzionale a costruire progetti operativi significativi, infatti, occorrerebbe che sia i disciplinaristi sia gli "educazionisti" possedessero competenze aggiuntive; i primi sulla pedagogia e sulla psicologia cognitiva, i secondi sul settore disciplinare oggetto dell'intervento progettuale. In caso contrario si verifica ciò che rilevavamo prima: dichiarazioni d'intento, a volte anche molto interessanti, spesso però contraddette dalle proposte operative. L'esperienza compiuta ci ha permesso di confermare questa situazione. I futuri insegnanti, messi di fronte al compito di

predisporre un tratto di percorso didattico su un argomento disciplinare specifico, pur proponendosi obiettivi formativi del tutto condivisibili [quali, ad esempio, perseguire un insegnamento basato su aspetti pratici, favorire la partecipazione attiva dei propri alunni, far acquisire loro autonomia cognitiva (parlano, tra l'altro, di voler formare individui dotati di spirito critico e problematico, capaci di effettuare ipotesi, di sostenere il proprio punto di vista con argomentazioni logiche, di tener conto del punto di vista degli altri, ecc.)], quando passano alla realizzazione del percorso didattico, contraddicono spesso completamente le loro dichiarazioni d'intento iniziali.

### **La nostra esperienza e la sequenza operativa utilizzata**

Convinti che fosse necessario creare uno spazio in cui gli specializzandi (classe 59A, scuola media) potessero discutere, confrontarsi e realizzare questo lavoro di integrazione, abbiamo utilizzato a tale scopo la parte di "laboratorio integrato" che, nell'ambito della Scuola di Specializzazione dell'Università di Genova, ci era stata assegnata.

Questa parte di laboratorio è denominata "Comunicazione e linguaggio nel processo di insegnamento-apprendimento".

Qui di seguito vengono mostrati, seppure sinteticamente, il percorso compiuto, e l'approccio metodologico utilizzato.

Il corso vero e proprio è stato preceduto da un primo incontro in cui gli specializzandi, dopo una breve presentazione del programma di lavoro e dei coordinatori, sono stati invitati a compilare un questionario il cui scopo dichiarato era assumere qualche informazione su di loro (in particolare, sul loro stato d'animo rispetto alla Scuola di Specializzazione, sulle motivazioni che li avevano spinti ad orientarsi verso questa struttura formativa, sul loro punto di vista in relazione alla futura professione di insegnanti, sulle loro idee intorno ai fattori che influenzano la comunicazione didattica).

I dati forniscono un primo, seppure parziale, profilo delle persone con le quali si dovrà lavorare e permettono, la prima volta che si costituiscono i gruppi di lavoro, di farlo disponendo di qualche elemento caratterizzante i soggetti coinvolti e non in maniera totalmente casuale (il questionario completo è presentato in appendice 1, come allegato 0).

Durante il corso sono previste l'analisi e la discussione sistematiche dei lavori degli specializzandi. La valutazione degli specializzandi è effettuata tenendo conto di tutti i prodotti da loro realizzati durante il corso. I pochissimi interventi frontali del coordinatore sono avvenuti su alcuni degli argomenti affrontati dagli specializzandi nell'ambito degli incontri e hanno rappresentato, in generale, la conclusione su quello specifico tema dopo la discussione generale al fine di favorire il consolidamento dei concetti e il confronto tra i comportamenti emersi.

La sequenza operativa utilizzata lungo l'intero percorso, per ciascuna delle problematiche considerate, è riassumibile nella seguente:

- focalizzazione dello specifico tema che si intende affrontare (attraverso un breve testo scritto o attraverso la descrizione o la presentazione di una semplice esperienza)
- lavoro scritto individuale in cui si invitano gli specializzandi a esprimere il loro punto di vista in relazione al tema preso in esame. Viene consegnato a ciascun specializzando un foglio (preparato in precedenza) in cui compare in maniera esplicita il compito che si vuole venga eseguito. In esso, in generale, vengono formulate domande specifiche
- lavoro scritto di gruppo in cui gli specializzandi, divisi appunto in piccoli gruppi, confrontano le risposte individuali fornite e tentano di giungere ad una formulazione unica condivisa. Naturalmente, se permangono punti di vista differenti, questi debbono comparire nella relazione di gruppo
- presentazione delle conclusioni di ciascun gruppo da parte di un rappresentante e discussione generale; in questa fase il coordinatore cerca di costruire una sintesi dei risultati emersi
- considerazioni del coordinatore sul tema trattato in cui i risultati della discussione precedente vengono eventualmente integrati con ulteriori informazioni e suggerimenti.

### **I contenuti delle attività**

Hanno riguardato un numero di argomenti relativamente ristretto che ha ruotato intorno al tema della comunicazione in classe. Siamo infatti convinti che un'analisi approfondita di questo complesso processo possa consentire ai futuri insegnanti di riconoscere i diversi fattori che lo condizionano e di individuare strategie di lavoro in classe che possano condurli a realizzare una comunicazione didattica efficace.

Schematicamente gli argomenti trattati possono essere riassunti nei seguenti:

- fattori che influenzano la comunicazione didattica (aspetti motivazionali, componenti linguistiche e cognitive)
- linguaggio naturale e linguaggi speciali; lessici specifici
- funzione della definizione e modo di intendere l'insegnamento e l'apprendimento
- come condurre l'osservazione dei fenomeni
- obiettivi disciplinari e obiettivi trasversali; conoscenze e abilità
- relazione tra contenuti che si intendono considerare e obiettivi che ci si propone di raggiungere
- come realizzare attività in classe che non prevedano la "spiegazione dell'insegnante"

Nel paragrafo seguente viene presentato in maniera abbastanza dettagliata il lavoro compiuto con gli specializzandi durante il corso (negli allegati sono riportati tutti i loro elaborati; i nomi degli specializzandi sono sostituiti da lettere). Come è già stato rilevato, si è innanzitutto cercato di conoscerli per individuare le loro aspettative, le loro credenze e le loro convinzioni; si è poi tentato di mettere in evidenza le loro contraddizioni per, infine, provare a far loro costruire un approccio alla comunicazione didattica coerente con le conclusioni che avevano condiviso.

### **Esemplificazione del percorso didattico realizzato**

Durante il lavoro svolto sui differenti argomenti considerati nelle attività, tutti in maniera più o meno diretta riguardanti la comunicazione didattica, ripetutamente gli specializzandi hanno fatto riferimento "alla spiegazione dell'insegnante". L'idea che l'attività centrale dell'insegnante consista nello "spiegare" è, infatti, già emersa nelle prime riflessioni sollecitate dal

questionario conoscitivo iniziale (allegato 1, ultima domanda aperta) e dal compito individuale somministrato poco dopo (allegato 2).

In queste esercitazioni scritte gli specializzandi forniscono numerose indicazioni positive su ciò che è necessario fare per realizzare una efficace comunicazione didattica, ma usano anche espressioni che denotano il possesso di un modello trasmissivo del processo di insegnamento-apprendimento. Nelle loro risposte c'è una contraddizione di fondo: da una parte affermano che l'insegnante deve proporsi come "regista" dell'apprendimento degli alunni predisponendo esperienze pratiche, stimolando la curiosità, la motivazione e l'autostima, sostenendo l'interesse e rendendo gli alunni attivi nel loro processo di apprendimento, instaurando un clima positivo, coltivando le relazioni interpersonali, usando un linguaggio semplice e utilizzando più canali comunicativi e, dall'altra, sostengono che egli deve trasmettere concetti e informazioni attraverso la spiegazione.

Ci proponiamo di "provocarli" impegnandoli a confrontarsi in piccoli gruppi su una specifica domanda che li faccia riflettere su questa contraddizione. Nelle risposte gli specializzandi affermano di non considerare l'insegnante *solo* come un "trasmettitore di concetti e informazioni" in quanto egli deve mettere in atto *anche* tutte quelle condizioni, già esplicitate nell'esercitazione precedente, che influenzano positivamente la comunicazione didattica. Cioè, secondo loro, un buon insegnante dovrebbe far coesistere il fare lezione *spiegando* con una gestione amicale e serena delle relazioni nella classe. Alcuni sollevano esplicitamente anche il problema dello spazio di autonomia che dovrebbe essere lasciato all'alunno, e parlano dell'insegnante come di un facilitatore e dell'alunno come costruttore di conoscenza (allegato 3). Resta da capire "in che modo" *le altre cose* che l'insegnante fa, oltre a spiegare, possano rendere l'alunno attivo nel processo di apprendimento. Cerchiamo di comprenderlo impegnando gli specializzandi a considerare, prima individualmente e poi in gruppo, come possano concretamente essere affrontati temi specifici e, a questo scopo, forniamo loro come riferimento alcune pagine di un testo di scuola media sul tema degli acidi e delle basi e, in un tempo successivo, alcune pagine di un altro testo concernenti le soluzioni.

La domanda nel lavoro individuale sugli acidi e le basi è generica per poter meglio cogliere i loro punti di vista sul contenuto specifico prescelto e sul modo di affrontarlo. Dalle risposte emergono da parte di quasi tutti gli specializzandi osservazioni concernenti l'approccio didattico seguito nelle pagine di testo loro consegnate; alcuni mostrano apprezzamento per il taglio di tipo pratico, altri muovono critiche alla comprensibilità dei contenuti che vengono presentati senza che i ragazzi siano effettivamente coinvolti a ragionare e a riflettere sui fenomeni introdotti; viene anche rilevato che il linguaggio non introduce in maniera razionale e sistematica il lessico specifico. Tra le poche riflessioni che non fanno riferimento diretto all'approccio del libro, qualcuno si domanda se il tema degli acidi e delle basi sia funzionale ad avviare e/o sviluppare abilità di base negli alunni (allegato 4).

Le domande del successivo lavoro di gruppo sono invece molto specifiche allo scopo di favorire un confronto puntuale e produttivo tra gli specializzandi su questioni che riteniamo importanti e anche di introdurre il tema dell'osservazione, non ancora considerato durante gli incontri precedenti. I risultati mettono in evidenza la difficoltà degli specializzandi ad assumere un atteggiamento critico nei confronti della proposta didattica del testo; per esempio, alla domanda: "in quali casi l'argomentazione che compare nel testo consente all'alunno di configurare tali termini come concetti?" citano, tra l'altro, l'acido definito dal suo sapore agro o l'indicatore dalla sua capacità di mutare colore al cambiare delle condizioni di acidità-basicità. Dall'analisi delle risposte alla domanda riguardante gli aspetti fenomenologici non emergono riflessioni di tipo didattico sull'osservazione ma considerazioni su come questi aspetti sono affrontati dal testo. Viene anche rilevato lo scarso spazio riservato all'attività di laboratorio o comunque all'osservazione diretta dei fenomeni e sottolineato che all'alunno non viene lasciata libertà di fare deduzioni autonome da quanto eventualmente osservato (allegato 5) [al tema dell'osservazione verranno dedicati due lavori, uno individuale (allegato 6), che vedrà gli specializzandi divisi tra sostenitori dell'osservazione libera (in grande maggioranza) e sostenitori dell'osservazione guidata; un successivo lavoro di gruppo di gruppo (allegato 7) confermerà questa divisione].

Nel lavoro individuale che impegna gli specializzandi nell'analisi delle due pagine di manuale sul tema delle soluzioni le risposte alla terza domanda (quale ruolo hanno gli alunni nella logica del testo?) mettono in evidenza che alcuni specializzandi sembrano avere un'idea "curiosa" dell'alunno che costruisce le proprie conoscenze; infatti sostengono che il libro assegna un ruolo attivo all'alunno in quanto gli si rivolge direttamente nel discorso. Altri specializzandi, invece, sottolineano che l'allievo non può che prendere atto passivamente di ciò che viene proposto dal testo (allegato 8).

I lavori della successiva rielaborazione in gruppo non cambiano sostanzialmente le posizioni di chi condivide l'approccio del libro; inoltre, fanno riemergere l'esigenza che l'insegnante intervenga con "*spiegazioni chiarificatrici*", che favorirebbero la costruzione dei concetti. Il ruolo attivo degli alunni è confinato alla libertà di osservare e di confrontare le osservazioni effettuate individualmente; ma per capire quello che hanno osservato, secondo gli specializzandi, gli alunni hanno bisogno della spiegazione dell'insegnante. L'alunno, cioè, è visto come persona libera di esprimersi solo nelle fasi di presentazione dell'argomento, quando viene ritenuto importante sollecitare la sua attenzione e il suo interesse perché possa meglio comprendere la spiegazione dell'insegnante (allegato 9). Tutto ciò fa ritenere che alcuni specializzandi travisino il significato di "autonomia cognitiva". Inoltre, non vengono specificate le modalità attraverso le quali l'alunno diventerebbe attivo nel processo di insegnamento-apprendimento.

I due incontri successivi sono stati dedicati agli "obiettivi non strettamente disciplinari", tenendo conto che gli specializzandi, nel lavoro individuale precedente, alla richiesta di indicarli, avevano fornito risposte non soddisfacenti; in particolare, si è chiesto loro di specificare quali abilità ritenevano di dover perseguire attraverso il loro futuro insegnamento con le scienze sperimentali (avvertendoli che in un successivo lavoro avremmo chiesto quali attività pensavano di mettere in atto per farle acquisire). Nel primo lavoro, individuale, le risposte fanno riemergere tutte le buone intenzioni già espresse nelle esercitazioni precedenti, come il desiderio di stimolare l'acquisizione di un linguaggio appropriato, la capacità di ragionare sulle cose, la curiosità e l'interesse, la capacità critica (allegato 10). Osservazioni analoghe si possono fare a proposito degli

elaborati del secondo lavoro, di gruppo, in cui gli specializzandi confrontano i propri obiettivi personali sull'insegnamento delle scienze sperimentali (allegato 11).

In un lavoro individuale successivo, si è deciso di orientare la riflessione verso un approccio didattico che non preveda la spiegazione dell'insegnante. A questo proposito, abbiamo proposto la lettura di un breve brano che considera il ruolo della definizione in una logica costruttivista. Questa lettura suggeriva di creare le condizioni di collaborazione e produttività, in cui gli alunni potessero fissare i significati delle parole in quelle determinate situazioni, esplicitare le conclusioni raggiunte in quel momento, potessero, in breve, iniziare un percorso di costruzione progressiva della conoscenza in grado di renderli cognitivamente autonomi. Gli specializzandi non hanno utilizzato l'approccio suggerito e non hanno indicato le attività con le quali far perseguire agli alunni gli obiettivi che si erano proposti nel precedente lavoro; hanno manifestato, invece, una diffusa preoccupazione verso tale tipo di approccio, secondo loro più adatto ad un insegnante esperto. Si sono limitati a individuare nel confronto tra pari e nella discussione le attività che pongono l'alunno al centro del processo didattico (allegato 12).

Il successivo lavoro di gruppo sullo stesso argomento ha confermato le considerazioni emerse nei lavori individuali: gli specializzandi rimandano alla discussione finale, con eventuali interventi dell'insegnante, l'elaborazione di una definizione condivisa. Ma le modalità di lavoro che condurrebbero alla definizione condivisa non vengono esplicitate (allegato 13).

### La prova di valutazione

Sarebbe stato utile poter proseguire il corso rivisitando le problematiche affrontate in modo da consolidare le consapevolezze che gli specializzandi andavano acquisendo, ma le ore disponibili rimaste erano poche ed abbiamo, perciò, ritenuto necessario utilizzare il tempo che rimaneva per preparare in maniera adeguata le condizioni per poter assegnare una prova finale.

Poiché avevamo concordato che tale prova avrebbe riguardato la messa a punto di un breve tratto di percorso didattico, occorreva individuare un tema disciplinare specifico su cui lavorare. L'argomento prescelto è stato quello della solubilità di un solido in un liquido, e sono state considerate come sostanze specifiche il sale da cucina e l'acqua. In particolare, si è discusso su quale avrebbe potuto essere il concetto di solubilità da far costruire a ragazzi che non conoscevano la teoria atomico-molecolare e che non avevano gli strumenti cognitivi per poterla acquisire. Si è concluso che poteva solo essere una sintetica descrizione dei cambiamenti osservati con l'avvenimento del fenomeno. Si sarebbe trattato, allora, di far osservare agli alunni il fenomeno, far loro condividere le osservazioni effettuate, far loro scrivere le conclusioni con termini anch'essi negoziati e condivisi e condurli alla costruzione della definizione.

La prova finale è costituita da un testo (allegato 14) corredato da una guida che comprende un elenco di obiettivi-abilità generali da completare e da un tratto di percorso-modello (modulo A), relativo al fenomeno solubilità, che apre due opzioni: una sullo studio delle variabili che influenzano la solubilità (possibile opzione per il modulo B) e l'altra sulla definizione dello stesso fenomeno (alternativa per il modulo B). Per entrambe le opzioni sono previste sequenze (moduli C e D), rispettivamente destinate alla progettazione di esperienze in grado di verificare le previsioni fatte sul fenomeno considerato e all'attuazione delle stesse.

Ciascuno specializzando deve mostrare come perseguirebbe uno o più degli obiettivi-abilità elencati (e/o altri aggiunti da lui stesso).

Si tratta di verificare se gli specializzandi, con precise indicazioni di metodo e con un contenuto che viene trattato ad un livello che ne assicura l'accessibilità, sono in grado di mantenere, proseguendo il tratto di percorso di cui dispongono, tipologie di attività che consentano di perseguire le abilità indicate e un livello di contenuti che ne salvaguardi l'accessibilità.

I risultati ottenuti mostrano che alcuni specializzandi continuano di fatto a utilizzare le indicazioni provenienti dalla didattica generale senza avere la consapevolezza che la scelta del livello a cui affrontare i contenuti è il punto nodale di tutto il processo didattico e che occorre finalizzare fortemente gli interventi. Infatti, pur seguendo l'approccio metodologico proposto (presentazione del problema legato a fenomenologie conosciute e/o mostrate, richiesta di riflessioni scritte individuali, divisione della classe in piccoli gruppi, discussione generale), o introducono il livello microscopico (sul quale gli alunni non possono avere elementi per costruire efficacemente le loro conoscenze), o ricette di procedure sperimentali, o nuovi concetti attraverso spiegazioni.

Fortunatamente ci sono anche lavori che mostrano lo sforzo degli specializzandi di tener conto di tutte le componenti che assicurano una comunicazione didattica efficace. In questi ultimi il percorso è sviluppato in maniera molto analitica: vengono previste possibili risposte degli alunni che permettono di prevedere come proseguire l'attività, o vengono individuati gli ostacoli concettuali che gli alunni potrebbero incontrare, o ancora vengono contestualizzate le attività di insegnante e alunni in descrizioni consequenziali, magari puntualizzate da osservazioni che l'insegnante effettua nelle diverse tappe dell'attività didattica (allegato 14 - cfr. G, Q, M, O, S, B).

### Conclusioni

Come avevamo rilevato nella premessa, abbiamo cercato di offrire ai futuri insegnanti uno spazio di riflessione in cui integrare le indicazioni fornite dagli esperti in scienze dell'educazione e contesti disciplinari specifici. Nonostante il pesante vincolo temporale (abbiamo potuto disporre solo di 21 ore), abbiamo ottenuto risultati abbastanza soddisfacenti. Infatti, anche se pochi degli specializzandi coinvolti hanno acquisito la consapevolezza che, individuati contenuti funzionali all'acquisizione degli obiettivi che ci si propongono, occorre scegliere tra essi quelli meno carichi di teoria e più facilmente trattabili attraverso attività sperimentali, quasi tutti si sono convinti che il loro insegnamento dovrà porsi prioritariamente obiettivi che si configurino come abilità trasversali pur non trascurando quelli più strettamente disciplinari e che è necessario predisporre attività strettamente mirate al loro perseguimento, a prescindere dai contenuti specifici trattati.

Abbiamo insistito molto, durante il corso, sulla indispensabilità di predisporre percorsi didattici in cui ogni azione dell'insegnante e degli allievi venga effettuata nella consapevolezza che si sta lavorando per far acquisire (l'insegnante) o acqui-

sire (l'alunno) una specifica abilità, e abbiamo cercato guidare gli specializzandi nei loro tentativi di muoversi in questa direzione.

Come è stato sottolineato nell'esemplificazione delle attività compiute nel corso, abbiamo ripetutamente posto gli specializzandi di fronte alle contraddizioni delle loro dichiarazioni di intento (quando queste si manifestavano), alla inadeguatezza delle attività che proponevano rispetto agli obiettivi che si erano posti (quando questa inadeguatezza si palesava), alla necessità di utilizzare un linguaggio semplice e di introdurre il lessico specifico quando questo aveva assunto per i loro allievi significato culturale.

L'esperienza compiuta ha tentato di rispondere ad un'esigenza di riflessione e di confronto presente tra gli specializzandi e sia i risultati di alcune prove finali sia la constatazione della attiva partecipazione ai lavori proposti nel corso rafforzano in noi la convinzione che nella formazione iniziale degli insegnanti sia indispensabile trovare spazi ampi in cui gli specializzandi, opportunamente guidati, possano mettere alla prova le indicazioni delle scienze dell'educazione attraverso la costruzione di specifici tratti di percorsi didattici.

### Riferimenti bibliografici

- 1) G. Bagni, (1999) Macrochimica, ovvero la Chimica dei modelli Macroscopici, *Insegnare*, n.6, p.42
- 2) G. Bini, *La scuola dell'alfabeto*, Editori Riuniti, Paideia, 1988
- 3) G. Bini, (1998) Bibliografia sul Tirocinio, *UeS, Università e Scuola*, III, 1/R, p. 35
- 4) G. Bini, (1991), *Maestri senza maestri, Democrazia e Diritto*, n.3, p. 85
- 5) A. Borsese, (1990), *Università e formazione degli insegnanti: situazione attuale e prospettive*, *CnS, La Chimica nella Scuola*, n.9-10, p.2
- 6) A. Borsese (1992, *Problemi e metodi di una formazione iniziale ed in servizio dei docenti*, *Annali della Pubblica Istruzione*, Anno XXXVIII, n.5-6, p. 661
- 7) A. Borsese, C. Fiorentini, (1998), *Quali insegnanti per gli insegnanti di domani?*, *Insegnare*, n.2, p. 14
- 8) A. Borsese, (2004) *Verso una dimensione culturale dell'insegnamento scientifico*, *Insegnare*, n.2-3, p. 30
- 9) A. Borsese, C. Fiorentini, (1998) *Educazione scientifica e concettualizzazione*, *L'Educatore*, n. 17/18, p. 4
- 10) A. Borsese, C. Fiorentini, (1997) *Università e formazione degli insegnanti: il problema dell'integrazione delle competenze*, *UeS, Università e Scuola*, II, 1/R, p. 37
- 11) A. Cavalli, (1996) *Formare insegnanti: un percorso lungo (perciò da iniziare senza ritardi)*, *UeS, Università e Scuola*, I, 1/R, p. 38
- 12) G. Cavallini, (1995) *La formazione dei concetti scientifici*, *La Nuova Italia*, Firenze
- 13) M. Corda Costa, (1988), *La formazione degli insegnanti*, *La Nuova Italia Scientifica*, Roma
- 15) C. Pontecorvo, A. M. Ajello, C. Zuccheromaglio, (1998), *Discutendo si impara*, Carocci, Roma
- 16) C. Pontecorvo, (1996), *La prima formazione dei docenti: che fare?*, *Insegnare*, n.3, p. 10
- 17) F. Trusso, L. Lopriore (1998), *Rapporti tra università e scuola: un'esperienza di tirocinio*, *UeS, Università e Scuola*, III, 1/R, p. 29

---

### ALLEGATO 0

#### QUESTIONARIO CONOSCITIVO INIZIALE

(Alcune domande sono mirate a conoscere le tue percezioni dopo i primi mesi di frequenza, altre a conoscere le tue aspettative e il tuo punto di vista sull'insegnamento in relazione all'apprendimento)

cognome e nome: .....

**Nota Bene:** rispondi ad una sola delle opzioni che ti vengono proposte

**1) il tuo stato d'animo**

- a) mi trovo benissimo nella SSIS
- b) ho avuto problemi con tutti gli insegnamenti già seguiti
- c) ho avuto problemi con una parte degli insegnamenti già seguiti
- d) sono a disagio
- e) sono delusa/o
- f) altro (specificare) .....

**2) in relazione agli insegnamenti già frequentati:**

- a) non sempre ho capito quello che mi è stato proposto
- b) a volte non viene colmata la distanza tra le problematiche riguardanti la pedagogia e la psicologia e i contesti specifici in cui calarle
- c) non c'è quasi mai spazio per discutere e confrontare il proprio punto di vista con quello degli altri specializzandi e con i docenti
- d) mancano discussioni relative alle modalità di scelta di ciò che si deve proporre in classe
- e) altro (specificare) .....

**3) rispetto alla mia futura professione penso:**

- a) che si debba tener conto soprattutto degli interessi degli allievi
- b) di aver solo bisogno di imparare
- c) che occorra fare in modo che ciò che si propone in classe sia commisurato alle capacità degli alunni
- d) che se si è bravi insegnanti si possa insegnare tutto a tutti
- e) di avere già le idee abbastanza chiare
- f) altro (specificare) .....

**4) quale tra le seguenti affermazioni è più vicina al tuo modo di pensare?**

- a) non mi piace dare nulla per scontato
- b) l'incertezza ed il dubbio rendono l'uomo inattivo
- c) molti eventi scientifici sono così noti che sono quasi autoevidenti
- d) sono convinta/o che le mie idee siano le migliori
- e) non riuscirei a insegnare senza un testo di riferimento
- f) le idee che possediamo condizionano i nostri atteggiamenti
- g) preferisco fare sbagliando piuttosto che perdere tempo nella riflessione

- 5) **mi sono iscritta/o alla SSIS perché:**  
 a) sono molto interessata/o all'insegnamento  
 b) nell'attesa di trovare un'occupazione  
 c) è un'occasione per fare qualcosa che potrebbe servire  
 d) ero curiosa/o di vedere cosa mi avrebbero insegnato  
 e) sto già lavorando nella scuola e sono interessata/o a migliorare la mia professionalità  
 f) potrebbe rappresentare un canale privilegiato per riuscire ad insegnare

- g) altro (specificare).....  
 6) Facendo riferimento alla tua esperienza personale, indica quali fattori e/o condizioni influenzano l'esito della comunicazione didattica  
 .....  
 .....

## ALLEGATO 1

### LAVORO INDIVIDUALE

#### questionario iniziale, domanda 6:

*facendo riferimento alla tua esperienza personale, indica quali fattori e/o condizioni influenzano l'esito della comunicazione didattica*

- A.** assente
- B.** nella comunicazione fra insegnante e alunno è necessaria una condivisione dei codici. Comunicare significa usare un linguaggio che può essere di diverso tipo verbale, per immagini, ecc, è necessario che l'insegnante utilizzi un certo tipo di codici al fine di instaurare una comunicazione chiara e senza equivoci. Aspetto importante nella comunicazione didattica è la mediazione, cioè la capacità dell'insegnante di usare strategie e metodi per rendere possibile l'apprendimento. Lo scopo sarebbe quello di costruire un ambiente di apprendimento dove l'alunno sia messo al meglio delle sue possibilità, senza avere timori nei confronti della scuola. Per quanto riguarda la mia esperienza la comunicazione con cui ho avuto più a che fare è quella intesa come "trasmissione di conoscenza".
- C.** a volte mi capita di dare per scontato alcuni termini, quindi a volte noto nel viso dei miei ragazzi l'espressione classica di quelli che non hanno capito. Ho notato anche che se si fanno esempi nella quotidianità i ragazzi riescono a capire meglio i concetti e riescono anche a ricordarseli di più. Inoltre ho notato che lavorando per mezzo di progetti didattici interdisciplinari gli alunni vengono maggiormente stimolati a seguire le lezioni. Essendo laureata in scienze naturali mi capita spesso di riuscire a trasmettere agli studenti meglio quegli argomenti su cui io sono già preparata. Infine grande importanza ha la difficoltà dell'argomento da trattare in classe.
- D.** La comunicazione è una componente importante della didattica. I fattori che influenzano l'esito di una comunicazione possono essere un buon ambiente di apprendimento, l'insegnante e gli alunni (che apprendono quanto detto dal docente, interagendo tra loro e con il docente stesso).
- E.** Condivido il pensiero di Consuelo Casula: in aula un buon formatore deve possedere tre caratteristiche perché la sua comunicazione sia efficace: ethos, pathos e logos. Con ethos si intende l'autorevolezza e la credibilità. Il pathos è la passione che un buon formatore/insegnante mette nel suo lavoro e riesce a trasmettere ai suoi studenti. Il logos è la preparazione che un docente possiede nella propria disciplina (da "I porcospini" di Schopenhauer). Consuelo Casula è una formatrice di professione e se non sbaglio si occupa di abilità manageriali per grosse aziende. Fino ad ora mi sono occupata di formazione e aggiornamento per insegnanti (tra le altre cose) e ho sempre cercato di entrare in aula preparata, sicura di me e serena. Con gli adulti funziona. Spero, un giorno, di mettermi alla prova con i bambini/ragazzi
- F.** E' necessario parlare con lo stesso linguaggio per riuscire a capirsi. È necessario che ci sia interesse per l'argomento trattato. È importante che in classe ci sia un clima positivo. Si deve instaurare un buon rapporto tra insegnante e alunni. Si deve comunicare attraverso più canali possibili
- G.** Premetto che la mia esperienza personale sulla comunicazione didattica è stata vissuta solo dalla "parte" di studentessa. Secondo me i fattori che influenzano l'esito della comunicazione didattica potrebbero essere: il "tipo" di relazione esistente tra classe e docente; l'ambiente in cui avviene la comunicazione (includendo anche la disposizione di banchi, sedie o altro); la "modalità" della comunicazione sia per quanto riguarda i mezzi (lavagna, lucidi, fotocopie, ecc.) sia per quanto riguarda il tipo di lezione (frontale, più o meno interattiva...)
- H.** Il comportamento della classe (livello di attenzione); il linguaggio usato dall'insegnante nel proporre gli argomenti alla classe; il tempo dedicato alla spiegazione di un concetto da parte dell'insegnante; il clima che l'insegnante riesce a creare in classe; l'argomento deve incuriosire gli studenti.
- I.** Il tipo di linguaggio usato; come lo usiamo. Ambienti culturali di provenienza. Quanto si è disposti alla mediazione. Interpretazione. Rapporti che si hanno con le persone con cui comunichiamo.
- J.** Quest'anno insegno a studenti della scuola serale di Ventimiglia (CTP), la maggior parte di essi ha un'età compresa tra i 15 e i 18 anni e una scarsa scolarizzazione; questo fa sì che il dialogo in classe sugli argomenti da trattare sia piuttosto articolato e, per quanto posso, centrato sulle loro idee e i loro spunti. Spesso faccio fatica a passare dal linguaggio comune ad un linguaggio più specificatamente scientifico e noto da parte loro un terribile calo di interesse quando l'approfondimento tocca argomenti particolarmente complicati. Potrei dire quindi che i fattori che influenzano l'esito della comunicazione didattica sono sostanzialmente la complessità dell'argomento trattato, del linguaggio, la distanza dell'argomento dalla loro esperienza personale e quindi il loro interesse e non ultima, a volte, la stanchezza di finire le lezioni alle 21.30 di sera!
- K.** Chiarezza e semplicità del linguaggio; capacità di rapportare l'esposto alla realtà con appropriato uso di esempi; atteggiamento positivo ed interessato del relatore nei confronti degli argomenti; capacità nel motivare gli uditori; carisma personale; dare l'impressione che l'esposto sia sempre utile per il processo evolutivo personale dell'uditore.
- L.** Diversità di linguaggio; diversità di estrazione sociale; mancanza di requisiti minimi per affrontare un argomento; attenzione; disponibilità.

## Speciale: la chimica nelle SSIS

M.

Nella mia esperienza personale la comunicazione didattica è stata vissuta, per ora, più che altro dalla parte dell'allievo. Credo che l'efficacia maggiore su di me sia stata raggiunta da quei docenti che prima di tutto mostravano passione per l'insegnamento, oltre che per la loro materia. Di base penso che l'esito della comunicazione didattica sia in funzione di un codice comune di linguaggio, motivazione (di entrambe le parti), un ambiente "adatto". In generale ha senso chiedersi quali fattori influenzino la comunicazione in quanto tale (ascolto, canali utilizzati, ecc.).

N.

Ritengo che l'aspetto relazionale/emozionale sia molto importante nel rapporto di comunicazione; chiaramente poi è necessario utilizzare il medesimo linguaggio, per poter comunicare in un contesto sereno; quindi gli elementi che più influenzano la comunicazione didattica sono: linguaggio, contesto sociale, aspetto relazionale (approccio), e la sua passione.

O.

L'utilizzo di un linguaggio appropriato, la passione di chi effettua la comunicazione; la motivazione di chi ascolta; il corretto uso degli strumenti didattici (es libro); il periodo di tempo che si lascia allo studente per assimilare i concetti e ragionarci su; possibilità di discutere i concetti assimilati.

P.

Il clima in classe cioè il rapporto tra i ragazzi e quello studente-insegnante. La chiarezza dell'esposizione dell'insegnante che penso sia strettamente legata all'utilizzo di un linguaggio appropriato e codificato, l'esistenza di uno schema logico nella spiegazione, la conoscenza reale dell'argomento trattato. Inoltre penso che sia fondamentale l'entusiasmo che l'insegnante mette nel suo lavoro, l'amore per la materia trattata e una certa "vocazione" al proprio ruolo di educatore e non solo di persona che passa nozioni.

Q.

Linguaggio adeguato o meno alla popolazione scolastica; disponibilità degli studenti all'ascolto; facilitazione dell'apprendimento da parte dell'insegnante; utilizzo del maggior numero di canali comunicativi; situazione relazionale con la classe e/o con il singolo studente; contesto di classe più o meno favorevole.

R.

premesso che io non ho alcuna esperienza di insegnamento, secondo me la comunicazione didattica non deve esaurirsi in una semplice trasmissione di contenuti, ma è invece molto importante la creazione di proficue relazioni interpersonali, anche per comprendere se i concetti esposti sono stati compresi da chi abbiamo davanti.

S.

La personalità del docente/la passione e la coerenza; lo stato d'animo del gruppo classe; l'ambiente di apprendimento.

---

### ALLEGATO 2

#### LAVORO INDIVIDUALE

*Facendo riferimento al tuo vissuto, cerca di esprimere nella maniera più analitica possibile il tuo punto di vista sulle problematiche emerse nella relazione su "comunicazione e insegnamento scientifico nella scuola"*

A.

assente

B.

assente

C.

Da quanto udito durante questa lezione e facendo un paragone con le mie esperienze da insegnante (è solo dallo scorso settembre che svolgo questo mestiere) sono pienamente d'accordo con lei. Spesso i ragazzi partono già prevenuti nei confronti dell'apprendimento della scienza, ma soprattutto della matematica e della geometria. Sostengono sia troppo difficile da capire. In particolare come insegnante trovo molto difficile far acquisire loro la terminologia giusta. A volte, secondo l'argomento trattato, noto che il ragazzo nella scuola media inferiore abbia molta difficoltà nell'astrazione. Sicuramente gli studenti, per avvicinarli alle materie scientifiche, vanno stimolati nell'apprendimento e spesso cerco sempre di far loro esempi pratici nella quotidianità. Mi è capitato spesso come studentessa il fatto che abbia imparato a memoria alcuni concetti senza averne capito effettivamente il significato; del resto, a volte, come già detto, la difficoltà di astrazione è tale che, imparare "a pappagallo" sia l'unica alternativa per poi essere valutata positivamente dall'insegnante. Personalmente ritengo che sia meglio fare poche cose, ma fatte bene. In questo modo il ragazzo può comprendere meglio gli argomenti trattati e ricordarseli per tutta la sua vita. Altra nota importante è che l'insegnante deve motivare il ragazzo al fine di avvicinarlo alle materie da lui insegnate.

D.

La scienza, pur essendo materia di grande importanza, alle volte passa in secondo piano: cosa ben visibile nelle iscrizioni all'università, ad es. chimica, dove il numero delle persone iscritte diminuisce negli anni. Per quanto riguarda l'insegnamento scientifico nella scuola, valgono "le regole generali" di una buona didattica. La comunicazione, anche per questo tipo di materie, è la base per un buon apprendimento degli alunni. Abbiamo, infatti, visto nella presentazione Power Point che il ragazzo va considerato come "sistema individuo" e come tale importanti sono le interazioni che esistono tra l'alunno, l'insegnante, il tempo,.... Personalmente, se penso a me come alunna, per esempio delle medie, non ho grandi ricordi delle scienze che mi sono state insegnate e quindi non ho elementi sufficienti per valutare la didattica dei miei ex insegnanti. Se, al contrario, penso a me come insegnante, penso che una buona comunicazione (e quindi una buona didattica) sia alla base di un buon insegnamento, unito alla motivazione. Motivare gli alunni è molto importante in tutte le materie, anche ovviamente in ambito scientifico.

E.

L'insegnamento scientifico che ho ricevuto dalla scuola è stato talmente scarso che, dopo la maturità, ho sentito il bisogno di iscrivermi a una facoltà scientifica per capire se mi era stato negato qualcosa di interessante o meno. A controbilanciare il "nulla" che ho avuto dalla scuola come discipline scientifiche, fortunatamente c'erano (ci sono!) un papà chimico e una mamma appassionata escursionista. Mi hanno trasmesso la curiosità per capire i fenomeni naturali, l'importanza di chiedersi sempre perché un evento accade e tante altre cose. Nella scuola c'era (ma forse c'è ancora) poco interesse da parte degli insegnanti a collegare concetti scientifici con la realtà. Si usciva poco dall'aula, si andava in laboratorio solo per "subire" videocassette assai vetuste, si badava solo a trasmettere (senza badare alla qualità del recepimento) tutti i punti previsti dal programma scolastico. Credo che oggi la situazione sia leggermente migliorata, si parla dell'utilizzo di diverse metodologie d'insegnamento (per esempio le tecnologie didattiche), si comunica di più fra insegnanti e di conseguenza si scambiano opinioni, materiali, idee. Non so che tipo di insegnante sarò quando entrerà a scuola, certamente cercherò di essere diversa rispetto ad alcuni insegnanti che ho incontrato durante il mio percorso didattico.

F.

Premetto che non ho mai insegnato e che quindi la mia esperienza si basa solamente sul vissuto da studente. Posso dire con tutta sicurezza

che ho semplicemente subito l'insegnamento scientifico, in quanto il mio ruolo di alunno mi portava ad essere solo passiva durante la lezione. Questo non è sicuramente il modo migliore per fare appassionare alla materia e quindi per tenere vivo l'interesse che è alla base dell'apprendimento. Il ruolo dell'insegnante non deve essere soltanto quello di "conoscitore e ripetitore" di nozioni, ma il suo compito è molto più impegnativo in quanto deve riuscire ad instaurare un buon rapporto con gli studenti, tenere vivo il loro interesse e fare in modo che siano sempre attivi nel loro percorso di apprendimento. Credo che questi elementi possano spesso sfuggire ad un insegnante con la conseguenza che il suo ruolo non si attivi nel suo complesso.

G.

Nella relazione "comunicazione e insegnamento scientifico a scuola" mi hanno particolarmente colpita e coinvolta un paio di aspetti. Innanzi tutto ho trovato molto riscontro nel fatto che le scienze sono "vissute" molto spesso dagli studenti alla fine della scuola secondaria come una disciplina quasi "inarrivabile" e che per reazione assimilino i concetti scientifici più vicini al senso comune di quelli studiati a scuola. Questo atteggiamento l'ho osservato, ad esempio, in diversi ragazzi cui davo ripetizioni e che spesso vedevano le scienze come qualcosa di "fantascientifico". Un altro punto che mi ha interessato molto è stato il passaggio che metteva in luce il fatto che seppur si realizzasse una "comunicazione didattica ideale" i concetti potrebbero comunque non venire acquisiti; questo mette in luce come, soprattutto nell'insegnamento delle scienze ma credo in fondo in tutti gli insegnamenti, sia importante l'aspetto "sperimentale" dell'insegnamento. Personalmente ricordo ancora benissimo alcuni "esperimenti" effettuati materiali alla mano in quinta elementare (e naturalmente i concetti che ci stavano dietro) ma non ricordo quasi nulla delle lezioni di scienze ascoltate in seconda liceo... In ultimo vorrei dire che in effetti ci preoccupiamo spesso di come poter catturare l'attenzione dei nostri futuri studenti ma personalmente non mi sono mai chiesta se con certi metodi che mi sono "proposta" riuscirei a mantenere la loro attenzione molto a lungo!!

H.

Gli insegnanti da me incontrati lungo il mio percorso di studi (Medie, Superiori, Università) hanno generalmente proposto i contenuti delle discipline scientifiche secondo una metodologia tipicamente frontale. Gradualmente è venuta meno anche la considerazione, da parte dell'insegnante, degli studenti che aveva di fronte (dalle Medie all'Università). Personalmente ritengo che questi atteggiamenti debbano essere modificati; si dovrebbe evitare la trasmissione di contenuti facendo esclusivo riferimento al libro di testo; ritengo, inoltre, che si dovrebbero utilizzare differenti fonti e fare in modo che gli studenti possano approfondire le tematiche affrontate in classe anche al di fuori del contesto scolastico (trovando analogie con il mondo reale ad esempio). L'esposizione degli argomenti dovrebbe essere rivolta agli studenti in modo che i codici linguistici non differiscano troppo fra loro e, nel momento in cui si arriva a definire termini più tecnici, concedere loro il tempo di assimilarli e renderli propri con il loro significato. Si dovrebbe, inoltre, cercare di valutare il grado di preparazione della classe e cercare, innanzitutto, di far progredire gli ultimi per poter farli "partire" allo stesso livello di partecipazione.

I.

La scelta delle discipline scientifiche negli ultimi anni sta subendo un netto calo. Indagini relative a studenti di cultura anche elevata hanno evidenziato come manchino in realtà le fondamentali nozioni della scienza. E' la comprensione che produce la conoscenza e la curiosità e purtroppo molti concetti scientifici non vengono acquisiti ed è quindi importante la modalità con cui questi vengono insegnati. E' necessario capire e interpretare per uno studente non solo studiare in modo mnemonico. Ogni contenuto presuppone abilità diverse e quindi anche diverse competenze metodologiche e purtroppo i contenuti vengono spesso sottovalutati. La capacità di ragionamento è un'abilità complessa ed è importante collegare le informazioni tra loro. Nella comunicazione entrano in gioco moltissimi fattori anche il tempo, e il tema trattato.....sono importanti. E' anche fondamentale per un insegnante saper distinguere tra..... e comunicare interpretando.

J.

Effettivamente nel breve periodo di tempo nel quale ho insegnato in classe (o ad alunni singoli in lezioni private) ho sentito frequentemente la frase "la matematica (soprattutto) non fa per me" ed ho cercato di far comprendere loro che una frase del genere non ha un vero e proprio fondamento logico. Se è vero infatti che ciascuno di noi ha una qualche propensione per una qualche disciplina particolare (personalmente non mi sento particolarmente portata per le discipline umanistiche) è anche vero che molto spesso ciò nasce da un pregiudizio, o meglio nasce da una cattiva esperienza didattica che ciascuno di noi ha avuto quasi sempre nella scuola dell'obbligo. Per avvicinare i miei ragazzi alla matematica e alle scienze cerco, quanto più possibile, di far loro capire che la matematica e le scienze sono utili (se non indispensabili) alla nostra vita quotidiana. Comunque penso che estirpare questo pregiudizio sia un dovere dell'insegnante, perché solo aumentando l'autostima dello studente gli si può fornire la motivazione adeguata per l'apprendimento. Ovviamente poi gli argomenti trattati devono essere alla portata degli studenti in maniera che non avvenga una semplice memorizzazione bensì una reale comprensione.

K.

Le problematiche riguardanti l'insegnamento scientifico nella scuola possono essere ricondotte a due grossi "filoni" spesso collegati fra loro e con ovvi e molteplici "sottofiloni". Il primo filone riguarda l'argomento trattato, il secondo le modalità adottate nel proporre tale argomento. La scelta dell'argomento è cruciale: non sempre, infatti, gli allievi dispongono delle conoscenze, degli strumenti, delle capacità di astrazione necessari per la piena comprensione di particolari tematiche. E' frequente infatti che una particolare spiegazione venga classificata, dopo pochi minuti, come "troppo difficile". Questa condizione può portare sovente l'allievo ad una "triste" generalizzazione: classificare come "troppo difficile" l'intero ambito scientifico. Le modalità con cui un particolare argomento è proposto sono elemento fondamentale per una corretta didattica. E' necessario, infatti, far percepire all'allievo come "utili e pratiche" le nozioni proposte, che devono essere rapportate alla realtà onde non rimanere in un "vago" o in un "astratto" che molto raramente può essere memorizzato. E' inoltre importante riuscire a creare la giusta motivazione: un allievo motivato, infatti, risponde molto meglio agli stimoli.

L.

1. si parte dal presupposto che ci sia una certa omogeneità nella popolazione di classe e che il docente possa uniformare il linguaggio e la scelta degli argomenti – non è così – situazioni di classi in cui non è facile individuare né gli argomenti né il linguaggio funzionali all'apprendimento
2. rendere consapevole il ragazzo della differenza tra descrizione e interpretazione è una carenza predeterminata: fin dalle elementari gli alunni non sono abituati ad osservare, ma assumono concetti già rielaborati da altri
3. rispetto alla preoccupazione preponderante di "finire il programma" la tendenza a "perseguire le abilità di base anche a scapito dei contenuti disciplinari" mi sembra decisamente costruttiva  
nel mio vissuto ho cercato di porre l'accento sui fenomeni quotidiani e su ciò che accade intorno a noi, ma l'ambiente di apprendimento spesso determina automaticamente il rifiuto delle proposte

M.

Le problematiche emerse sono, a mio parere, fondamentalmente

- l'abbassamento della qualità della conoscenza scientifica
- la complessità dei processi di insegnamento/apprendimento
- la scarsa qualità della didattica a scuola

Proverò ad esprimere il mio punto di vista su questi punti

- La conoscenza scientifica, oggi, spesso si riduce ad una banalizzazione di molti aspetti della scienza. I presunti "esperti" sono spesso fonte di diffusione di concetti privati della loro complessità (banalizzati) quando non addirittura sbagliati. La cosa grave, secondo me, non è non sapere ma non sapere di non sapere.
- Abbiamo considerato l'individuo (studente/insegnante) come sottosistema del sistema di apprendimento-insegnamento. Senza pretendere

di capire tutto di ciascun microcosmo-allievo che l'insegnante ha di fronte, è impensabile fare un lavoro che prevede rapporto umano senza essere consapevoli delle infinite sfaccettature dell'essere umano in quanto tale. Inoltre nell'affrontare questo genere di considerazioni spesso non teniamo conto del lavoro di autoanalisi che dobbiamo fare su noi stessi, ancor prima di tentare di capire qualcosa degli altri.

- Per quello che riguarda il mondo della scuola oggi, ed in particolare l'offerta della scuola, sono assolutamente d'accordo sulla priorità di fare acquisire abilità piuttosto che addestrare alla ripetizione. (a monte, credo che sia un po' in crisi anche il ruolo formativo ed educativo della scuola). Un docente che proponga attività, argomenti, obiettivi non alla portata dei suoi studenti spesso si rifugia dietro la sua conoscenza (o presunta tale) secondo me per non mettersi in gioco, a livello professionale ma anche emotivo.

N.

“Un grosso problema oggi è l'approccio degli studenti alle materie scientifiche, soprattutto per la difficoltà dei contenuti e degli strumenti utilizzati dagli insegnanti. Questo allontana gli studenti stessi dall'approfondire queste tematiche (perché non le comprendono), magari a livello universitario, nonostante la società di oggi richieda molti specialisti nel settore.” Effettivamente mi trovo abbastanza d'accordo con questa problematica emersa dalla relazione, in quanto ho cominciato a capire la fisica solo all'università. Al liceo (scientifico) veniva data molta più importanza all'aspetto formale della matematica, per cui non posso dire di non avere avuto una buona preparazione in questo campo, ma sicuramente la fisica rimaneva una scienza astratta (non siamo mai andati in laboratorio) e a tratti incomprensibile. Mi ricordo che meramente imparavo a memoria le definizioni (e infatti non ero in grado di fare neanche un esercizio). Ed ero la più brava della classe. Mi sono iscritta a fisica per caso (poiché mio padre mi diceva che ero “sprecata” per le facoltà umanistiche e la matematica mi sembrava troppo monotona) forse anche per colmare questa lacuna e solo per studiare approfonditamente per gli esami di fisica I e II, ho cominciato a capire qualcosa dei fenomeni fisici e a collegarli con aspetti della realtà quotidiana. Ma ancora oggi, se la gente mi chiede il significato di qualche fenomeno fisico che si osserva nella realtà, tentano a rispondere. Questo per dire che non ho avuto un'educazione a osservare fenomeni nella natura e a cercare una spiegazione. Se alle medie (o anche alle superiori) mi avessero stimolato in questo senso, insegnandomi a chiedermi il perché delle cose, a rendermi in qualche modo “curiosa”, sicuramente oggi sarei una fisica molto migliore e potrei trasmettere una passione molto maggiore quando spiego le cose. E questo nonostante io abbia fatto un dottorato e continui a lavorare nell'ambito della ricerca. Mi rendo conto che sia una realtà molto triste...

O.

Affinché la comunicazione e l'insegnamento scientifico nella scuola sia efficace e generi un reale apprendimento bisogna tenere conto di diverse variabili. E' fondamentale tenere conto della struttura cognitiva degli alunni in modo da proporre dei contenuti commisurati alle abilità e alle competenze dei propri studenti. Questo implica la conoscenza da parte del docente della reale complessità dei contenuti insegnati, comporta anche che il lessico utilizzato sia commisurato alla realtà della classe. Solo attraverso la comprensione di ciò che si sta spiegando può generare curiosità e stimolo, volontà ad aumentare continuamente le proprie conoscenze. Si genera quindi un atteggiamento positivo dello studente che non sarà più presente in classe solo fisicamente, ma sarà disposto a ragionare, a esaminare ciò che viene proposto in classe, per a sua volta essere in grado di assumere un atteggiamento propositivo nei confronti dei contenuti assimilati e non più passivo; se lo studente comprende sarà quindi in grado di attivare dei processi inferenziali che gli consentiranno, partendo da ciò che già conosce, di abituare la propria mente a ragionare.

P.

Fondamentalmente concordo con le sue osservazioni, soprattutto sull'importanza della comprensione per fare propri i concetti, anzi le conoscenze di base, e riuscire a costruire anche in modo personale il proprio bagaglio culturale. Penso che le acquisizioni di conoscenze dipendano sia dall'insegnante sia dagli alunni, ad ogni livello. Le esperienze vissute di ogni persona condizionano il suo approccio alla materia, ma in generale condizionano le sue esperienze future, creano pregiudizi, diffidenza o aspettative. Frequentando la classe di abilitazione per le scuole medie mi domando: come riuscire ad affiancare i ragazzi in maniera costruttiva proprio nel momento più delicato della loro conoscenza? Cerco di spiegarmi meglio. Visto che siamo coscienti dell'importanza delle basi, come possiamo aiutare ad aver e buone basi senza pregiudizi? Parte di risposta sta in quanto detto oggi: conoscere i ragazzi che si hanno di fronte, non parlare di fumo, motivare le proprie lezioni, renderle utili realmente, attualizzarle, alimentare la curiosità alla comprensione e al ragionamento. Però mi domando anche se far questo sia possibile con il tempo a disposizione. Non ho esperienze di insegnamento, ma ho l'impressione che impostare in questo modo una lezione richieda più del tempo realmente a disposizione... mi sembra che si debba affrontare un range di argomenti (il famoso programma) obbligato e allora se vedo che un argomento è lontano dall'interesse dei ragazzi (e forse anche a ragione) come fare? Sicuramente la comunicazione ha bisogno di due protagonisti” altrimenti non si può creare nulla e della volontà di entrambe le parti di dialogare, poi accordandosi sui termini e sui modi si possono fare grandi cose.

Q.

Nel mio vissuto scolastico ho “subito” lezioni di discipline scientifiche di stampo tipicamente frontale e quindi, di trasmissione passiva delle nozioni senza alcun coinvolgimento degli studenti. Conseguenza di ciò è la quasi totale mancanza di un ricordo di apprendimento di scienze sia nelle scuole elementari sia medie. Nella trasmissione passiva delle nozioni, senza interazione tra insegnante e alunni, gli studenti non sono stimolati nelle capacità critiche, di riflessione, di elaborazione dei contenuti ma seguono inerti la lezione rassegnandosi poi ad uno studio mnemonico sul libro di testo. Facilmente l'insegnante non tiene conto delle capacità cognitive dei suoi studenti (la capacità di astrazione, ad esempio, è piuttosto limitata nella scuola media), non considera la variabilità delle predisposizioni mentali, caratteriali, delle conoscenze già acquisite di ogni studente, usa un linguaggio fin dall'inizio eccessivamente tecnico e specialistico. Tutto ciò crea un distacco tra l'argomento trattato dall'insegnante e la predisposizione ad apprenderlo da parte dello studente che si crea, inevitabilmente, preconcetti e pregiudizi sulla materia considerandola ostica, difficile e incomprensibile, senza considerare una ricaduta negativa sull'autostima del ragazzo e sulla opinione negativa delle proprie capacità intellettuali. Preoccuparsi dell'apprendimento utilizzando le metodologie didattiche più opportune e trattando argomenti acquisibili dagli studenti, partendo dall'analisi di situazioni quotidiane, di fenomeni ambientali conosciuti, e stimolando l'intervento individuale, il lavoro di gruppo e la ricerca personale, sicuramente favorirebbe la comprensione della materia e un atteggiamento positivo dello studente nei confronti della materia stessa.

R.

Assente

S.

Credo innanzi tutto che per noi laureati in discipline scientifiche l'importanza della conoscenza di tali materie sia indubbia, anche se a mio avviso la mancanza di interesse verso queste discipline sia legato direttamente alla mancanza di lavoro e soprattutto alla mancanza di lavoro che dia prestigio. Un laureato in legge ha davanti una carriera sicuramente più remunerativa di quanto non possa avere un laureato in scienze, siano esse biologiche, naturali... Le scienze sono spesso viste dagli studenti come materie inutili, quasi torture, a mio avviso a causa... della mancanza di tempo. Spesso il docente non lascia il tempo necessario per comprendere quel determinato aspetto della materia, va oltre con il programma lasciando il ragazzo con l'ansia di non aver capito quell'argomento e quindi di non poter capire nemmeno gli altri trattati in seguito. Nella mia carriera scolastica, la scienza ha avuto sempre una grande attrazione, non so se per l'abilità dei docenti, per l'abilità di mio padre che spesso mi rispiegava quanto non avevo capito, o se per una mia abilità personale, tuttavia già al liceo mi scontravo con i miei compagni che sostenevano che “tanto loro la matematica non la capivano, la chimica non serve al liceo classico...”. Si trinceravano dietro la difficoltà degli argomenti per non voler capire, mancando la motivazione e l'interesse che il docente evidentemente non era riuscito a suscitare.

## ALLEGATO 3

## LAVORO DI GRUPPO

*Alcune risposte all'ultima domanda del questionario conoscitivo iniziale ("facendo riferimento alla tua esperienza personale, indica quali fattori e/o condizioni influenzano l'esito della comunicazione didattica"), <<l'insegnante deve dare l'impressione che l'esposto sia sempre utile per il processo evolutivo personale, deve possedere uno schema logico di spiegazione, è necessario un tempo adeguato per la spiegazione di un concetto e occorre un tempo adeguato perché gli alunni lo possano assimilare>>, sembrano poter far supporre che voi pensiate che il ruolo dell'insegnante debba essere quello di "trasmettitore di concetti e informazioni" seppure attraverso l'utilizzo di molti canali, avendo la capacità di creare un clima sereno in classe, essendo credibile e autorevole, possedendo passione e entusiasmo, avendo vocazione rispetto al proprio ruolo di educatore, usando un linguaggio adeguato; sembrano, inoltre, poter far supporre che l'insegnante soprattutto si proponga come compito quello di "spiegare" vi si chiede se e fino a che punto questa supposizione è plausibile. Dovreste discuterne nel gruppo e arrivare ad una conclusione articolata possibilmente condivisa. In ogni caso, se ci sono punti di vista differenti è importante che emergano chiaramente:*

## GRUPPO U

- In un sistema comunicativo (super sistema) come quello che si realizza in classe, sembra quanto meno riduttivo limitare il ruolo dell'insegnante a quello di puro trasmettitore (pur utilizzando più canali). Manca infatti, qualunque forma di ruolo attivo da parte degli studenti (feed-back o costruzione autonoma).
- Per clima sereno non intendiamo "imperturbabile", ma dove i conflitti vengono gestiti in maniera costruttiva.
- Credibilità e autorevolezza sono strettamente correlate con la stima e la fiducia.
- Passione, entusiasmo e vocazione... scontati purché riferiti sia alla materia, sia alla professione di insegnante.
- Linguaggio adeguato ↔ persona. Lessico specifico ↔ materia. A partire dal primo l'obiettivo è il secondo.
- Spiegare: siamo d'accordo sul fatto che si possa lasciare sempre un ruolo attivo (più o meno ampio) agli studenti e forse.....si debba se l'obiettivo è quello di costruire.

## GRUPPO W

Ci sembra riduttivo considerare l'insegnante solo come un "trasmettitore di concetti e informazioni" poiché compito del docente è anche quello di stimolare interesse, capacità critica e curiosità dell'alunno. Ovviamente un ruolo importante è svolto dalla presenza di un clima sereno in classe, inteso come insieme di relazioni alunno-insegnante e alunno-alunno. A ciò l'insegnante contribuisce con un linguaggio adeguato (verbale e non; con questo intendiamo che sono importanti anche gli atteggiamenti del linguaggio corporeo) e facendo in modo che gli alunni acquistino fiducia in se stessi aiutandoli a costruire una propria personalità, a gestire le proprie emozioni e a relazionarsi con i compagni rispettandoli. Inoltre il docente dovrebbe impegnarsi all'insegnamento, oltre che dei concetti anche del metodo, per fare in modo che ciò che hanno imparato possa servire loro per continuare ad imparare durante tutto l'arco della vita in modo autonomo e motivato. N.B. e comunque ci è sembrata infelice l'espressione "l'insegnante deve dare l'impressione..."

## GRUPPO X

La visione che è emersa di insegnante come "trasmettitore di concetti e informazioni" può essere a nostro avviso riduttiva del ruolo di insegnante. In questa definizione, infatti non viene preso in considerazione il fondamentale ruolo di educatore e formatore. Far prendere coscienza agli allievi dei propri diritti ma anche dei propri doveri nel reciproco rispetto delle regole. Il docente non deve quindi avere come ruolo solo quello di trasmettere concetti ed informazioni ad un utente che ha un ruolo passivo (emittente-ricevente). L'insegnante infatti deve recepire i messaggi verbali e non verbali provenienti dalla classe, per trarre informazioni per modificare il processo di apprendimento/insegnamento. In sintesi potremmo schematizzare il rapporto alunno (A) docente (D) sapere (S) (conoscenza) con la seguente rappresentazione. Docente ed alunno mediano la conoscenza verso il sapere.



## GRUPPO Y

Il nostro gruppo all'unanimità non concorda con quello che emerge dal brano tratto dal questionario in quanto nel testo non compare mai l'alunno quale soggetto attivo nel processo di apprendimento, vi si fa riferimento solo come "assimilatore" di conoscenza. Nel contempo anche l'insegnante è visto esclusivamente nel ruolo di "trasmettitore di concetti e informazioni". Condividiamo invece la necessità di dare utilizzare diversi canali per agevolare l'apprendimento di ogni singolo alunno sottolineando la necessità di vedere la classe non come un unico elemento ma come un insieme di elementi diversi. Ogni alunno si porta con sé tutta una serie di esperienze e conoscenze che lo rende differente da tutti gli altri. La scuola tende ad omologare i ragazzi spegnendo la loro curiosità e aggirando le loro differenze che in realtà dovrebbero valorizzare in quanto risorse. Secondo noi una buona metodologia didattica dovrebbe consentire la creazione di un ambiente di apprendimento positivo in cui non si venga a creare uno stato di ansia, o peggio, di paura per potere così focalizzare tutte le energie sull'apprendimento. Pensiamo fondamentalmente che il principale "motore" che possa spingere un ragazzo ad un apprendimento significativo sia la sua curiosità e la voglia di imparare. Per dargli motivazioni è necessario che rivesta un ruolo attivo, di coinvolgente partecipazione realizzata tramite lavoro collaborativo. L'insegnante dovrebbe rendere il ragazzo costruttore della propria conoscenza partendo dai concetti che già possiede e andandoli poi ad approfondire ed ampliare. Quello che noi, quali futuri insegnanti (precari!), non vorremmo favorire è uno studio totalmente mnemonico che non lasci spazio a ragionamenti e ad una critica rielaborazione personale. Vorremmo fornire ai ragazzi non solo freddi concetti ma anche e soprattutto un "metodo" che possa servire loro nella vita scolastica ed extrascolastica.

## GRUPPO Z

Questa supposizione potrebbe essere plausibile, ma fare riferimento all'insegnante come semplice "trasmettitore di concetti e informazioni" il cui unico compito sia quello di "spiegare" la rende decisamente incompleta. Nella frase in questione, infatti, non traspare l'aspetto relazionale che dovrebbe esistere con gli alunni (invece molto evidente nella supposizione: "clima sereno", "passione ed entusiasmo", "vocazione"); si fa però riferimento anche a concetti importanti come l'utilità dell'esposto al fine del processo evolutivo dello studente e ad uno schema logico di spiegazione. Sebbene questa frase non dia in modo esaustivo la definizione di insegnante, tuttavia emergono alcuni punti importanti per quanto riguarda l'organizzazione didattica.

ALLEGATO 4

LAVORO INDIVIDUALE

*leggi con attenzione le due pagine che ti sono state consegnate (acidi e basi) ed elabora un giudizio motivato su di esse sulla base delle considerazioni emerse fino ad ora nel corso*

A.

Secondo me, il linguaggio è abbastanza comprensibile nel senso che spiega in modo pratico che cosa è un acido – assaggiare il succo di un limone e di una base – assaggiare il bicarbonato di sodio. Però ci sono anche dei termini specifici (linguaggio specifico) come acido citrico, bicarbonato di sodio (forse un alunno lo conosce vedendo il prodotto commerciale già usato in televisione o in casa), acido solforico, idrossido di sodio, che sono “propri” della materia ma di difficile apprendimento da parte dell’alunno (non li può vedere, toccare, non riesce ad immaginarli fisicamente). Il testo riporta delle figure, relative al pH e alle sostanze prima menzionate che non fanno capire qualcosa di più dell’argomento. Eviterei di far leggere l’esperimento!! Cercherei di far comprendere più chiaramente la differenza tra acido-base eseguendo in classe sul momento l’esperimento della cartina al tornasole perché c’è una prova visiva – cambiamento di colore – che può essere associato a qualcosa di astratto (acido-base). Certamente sarebbe anzi è utile un bel laboratorio sperimentale!!! Secondo me, dalla mia inesperienza scolastica di insegnamento, l’argomento è trattato in modo “completo” per alunni di scuola media inferiore: che cos’è un acido, che cosa è una base, come si distinguono, come si misurano. Dovrei evitare di scrivere l’esperimento: gli alunni non sono attenti! E non sono in grado di maneggiare certe sostanze pericolose!

B.

Approccio sbagliato nel dire che il palato può aiutare a distinguere i composti chimici, così facendo si fa credere che si possa fare una classificazione in base al palato, col rischio di incidenti anche gravi

- “sostanze contenute nel sapone” ma quali??
- Devo mangiarmi questa saponetta?
- “vanno maneggiati con cautela” sarà meglio!
- .....un po’ pericoloso!
- Linguaggio semplice, forse troppo, e le formule??
- Non chiarisce la differenza tra acido e base, né dal punto di vista delle caratteristiche né delle reazioni a cui possono dar luogo

C.

Secondo me questo libro non fornisce una spiegazione esauriente del vero significato di acido e base ma ne dà soltanto l’idea grossolana. All’inizio distingue fra acido e base a seconda del sapore delle cose (questo mi preoccupa ancora di più perché potrebbe indurre i ragazzi ad assaggiare ogni cosa!). Va tuttavia detto che non è facile trasmettere ai ragazzi il giusto significato di questi due termini. Inoltre i ragazzi di età compresa tra i 12 e i 14 anni difficilmente riescono ad astrarre e soprattutto a ragionare per astratto. Continuando la lettura del testo, trovo che sia semplice la spiegazione della cartina tornasole a patto che durante la lezione si possa fare un esperimento utilizzando realmente questo indicatore. Sicuramente un ragazzo che prova o vede una cartina tornasole capirà come essa viene adoperata. Quanto detto poco prima vale anche per la spiegazione riguardante il piaccometro e gli indicatori universali. Mi sembra abbastanza di effetto la scala raffigurante la basicità/acidità di alcune sostanze. Alcune di queste infatti sono conosciute dai ragazzi, i quali riescono così a farsi un’idea del loro posizionamento sulla suddetta scala. Ad ogni modo si può notare che chi ha scritto questo libro cerchi di adottare un linguaggio all’inizio “generico” descrivendo situazioni comuni nella vita reale che man mano che si va avanti con la lettura diventa più specifico (tecnico) descrivendo gli strumenti adottati per misurare l’acidità/basicità. Una nota negativa: trovo poco giusto mettere le definizioni nei titoli e poi, leggendo il testo, queste definizioni non vengono riprese. Spesso i ragazzi non leggono mai i titoli e si “buttano” a leggere soltanto il testo.

D.

Come abbiamo visto la scorsa lezione, il linguaggio svolge un ruolo molto importante nella comunicazione. In questo caso si tratta di un linguaggio specifico su “gli acidi e le basi”. Facendo riferimento al lucido della lezione scorsa dove si parlava dei 4 modi di trattare questioni scientifiche in base al pubblico, a mio avviso queste due pagine rientrano nella “descrizione specifica”: il testo, infatti, è scritto con un linguaggio comune nel quale sono inseriti termini specifici. I termini specifici sono, ad esempio, “acidi”, “basi”, “indicatori”...; questi non sono fini a se stessi, cioè non sono stati scritti nel testo senza una spiegazione fatta col linguaggio comune. L’uso di quest’ultimo credo che renda più accessibile il testo agli alunni. Per quanto riguarda il contenuto, non credo sia molto esaustivo: non viene fuori un concetto chiaro di cosa realmente sia un acido e cosa sia una base. Per distinguerli il testo suggerisce persino di “assaggiare”.... Credo sia un po’ azzardato se non pericoloso, per dei bambini delle medie. Reputo, invece, che siano utili schemi come quello sulla scala dei pH, che forse può rimanere di più nella testa dei bambini.

E.

Sinceramente non ricordo di aver affrontato alcun argomento di chimica durante le mie scuole medie. Può anche essere che l’insegnamento nell’ambito di questa disciplina sia stato poco efficace (come scrivere sulla sabbia in riva al mare, alla prima onda...). Forse per limiti o scarsa volontà del docente, o forse perché la chimica prevede che lo studente faccia uno sforzo di astrazione per il quale io (e probabilmente anche i miei compagni) non ero ancora preparata/matura. Leggendo il testo che mi ha appena consegnato, la prima cosa che mi viene in mente è che in due sole pagine sono condensate tantissime informazioni, troppe! Molte delle quali sono trasmesse soltanto mediante definizioni. A mio parere, di fronte a un brano del genere, uno studente può fare solo due cose: ignorarlo o studiarlo a memoria. In entrambi i casi non rimarrà nulla. Volendo proprio affrontare tale argomento, l’intervento del docente è indispensabile sia nel ruolo di interprete (per tradurre il più possibile nel linguaggio naturale i concetti che si ritengono essenziali) che di integratore (per aggiungere/sostituire con esempi più semplici quelli proposti nel brano). In ultimo, una considerazione sulla “sicurezza”. Non inviterei mai i ragazzi ad utilizzare, nell’ambito della chimica, come senso preferenziale, quello del gusto.

F.

Ritengo che sia molto utile l’idea di introdurre il discorso del succo di limone, cioè qualcosa che tutti i ragazzi conoscono molto bene perché fa parte del quotidiano. Sicuramente è molto dannosa la prima frase “per distinguere i composti chimici può aiutarti...il palato!” che può indurre i ragazzi ad assaggiare tutto ciò che incontrano, comprese le sostanze tossiche (considerando anche che i ragazzi non leggono le etichette, e forse molti non le sanno neanche leggere). Per quanto riguarda i contenuti, il testo inizia a distinguere acidi e basi più o meno forti senza dire cosa sono: sembra che la differenza sia solo il sapore! Inoltre nomina subito dopo “acido cloridrico” e “acido solforico” che molto probabilmente per i ragazzi non significano nulla. La parte sugli indicatori mi sembra spiegata abbastanza semplicemente, con un linguaggio abbastanza facile. In conclusione, però, credo che alla fine non si capisca cosa sono gli acidi e le basi, cioè che non si arrivi a definire la funzione del capitolo.

G.

Non voglio esprimere giudizi sulla parte prettamente contenutistica di queste due pagine (non è proprio il mio campo) quindi mi limiterò a qualche osservazione “più generale”. Ammirabile il tentativo di introdurre il concetto di acidi e basi partendo da due piccole e possibili esperienze empiriche, tuttavia il testo nel complesso mi è sembrato poco “leggibile”. Forse perché riprende spesso nomi specifici di acidi

e basi (è così importante?) o forse perché parla di pH maggiore o minore di 7 così di punto in bianco, trattando e liquidando un concetto, credo piuttosto complesso, in una decina di righe. Nell'esperienza finale poi introduce idrossido di sodio diluito al 30% e mi chiedo se nel capitolo precedente sia stato spiegato che cosa significa.. (tanto per inciso: questo è il tipico argomento che io non svolgerei mai sul libro di testo! Mi munirei di limoni, cartine di tornasole e quanto altro e farei ragionare i ragazzi!).

**H.**

Il brano inizia con un'esperienza pratica che può stimolare la curiosità degli studenti. Interessante è il fatto che, in una nota in fondo alla pagina, sia definito il significato di una parola (corrosivo) che potrebbe non appartenere al vocabolario naturale dei ragazzi che leggono il testo. Ho, però, notato che manca nel testo il richiamo alla nota. Gli intervalli del pH non mi sembrano chiari in quanto il valore 7 compare nelle sostanze neutre, acide, basiche e questo può essere disorientante per i ragazzi, avrei impostato la classificazione in modo diverso, magari facendo solo riferimento al disegno di pag. 95, che permette una migliore visualizzazione degli intervalli. Un altro fattore che può disorientare lo studente è l'attribuzione dei colori negli indicatori per il pH acido e quello basico: a pag. 94 il pH è abbinato al colore blu, mentre a pag. 95 il pH basico è abbinato al colore violetto. Il disegno della scala del pH "lascia al ragazzo" la collocazione di acidi e di basi deboli. Il linguaggio del testo non mi sembra eccessivamente tecnico e specifico; mi sembra di percepire il tentativo dell'autore nell'illustrare i concetti in modo tale che possano essere vicini al linguaggio degli studenti.

Purtroppo percepisco anche che i contenuti non emergono chiaramente per i motivi precedentemente elencati e per la troppa astrazione dell'argomento.

**I.**

L'approccio utilizzato nel libro "per distinguere i composti chimici può aiutare...il palato", non è forse dei più adatti. Potrebbe creare dei fraintendimenti per esempio quando dice...tanto che si possono tranquillamente assaggiare!!! Pericolosissimo! Abbiamo detto la volta scorsa come per evitare fraintendimenti l'insegnante debba prestare molta attenzione al contenuto e al linguaggio. Il lessico utilizzato dal libro è chiaro ma potrebbe diventare addirittura pericoloso per un bambino proprio perché così esplicito! Oltre a ciò non mi pare che uno studente che sente parlare per la prima volta di acido e base riesca a capire con un articolo di questo tipo qualcosa! Ci sono tanti concetti dati per buoni e non spiegati, mentre magari si sofferma sul piaccemetro.

**J.**

Secondo me, innanzi tutto, l'argomento acidità/basicità è piuttosto complicato per essere affrontato in una classe II media, poiché i ragazzi di quell'età difficilmente hanno una capacità di astrazione tale da poter comprendere i concetti in gioco. Concetti che peraltro non tutti riescono ad acquisire neppure alle superiori. Come si fa a dare una definizione di acido o di base e soprattutto di pH, ad un'età nella quale capire già che cos'è una concentrazione è un problema? Non parliamo poi di funzioni logaritmiche..., ma se tutto ciò non può essere dato, una scala di pH rimarrà sempre un concetto astratto, con dei numeri associati a degli oggetti. Personalmente ho trovato difficoltoso far capire, e non credo di esserci riuscita, la differenza tra un acido forte (es. acido muriatico) e una base forte (es. idrossido di sodio o soda caustica per essere più vicini al linguaggio dei ragazzi), poiché entrambi nel loro immaginario sono utilizzati per lo stesso scopo (pulizia) e sortiscono lo stesso effetto sulle nostre mani (bruciature). Ritornando al testo in esame, trovo il primo paragrafo piuttosto accessibile per ragazzi di quell'età, mentre dal secondo in avanti il linguaggio si fa più specifico e quindi più complicato. Trovo il paragrafo sul pH troppo ricco di definizioni "una sostanza con pH = 7 è neutra", o questo concetto lo si fa apprendere a memoria oppure il ragazzo non capisce il significato della frase. Questo testo, visto da una persona che già conosce l'argomento è piuttosto semplice e ricco di esempi (gli strumenti di misura del pH...), ma affrontato da un ragazzo di II media risulta complicato e non fornisce un significato chiaro dell'argomento.

**K.**

Dalla prima parte del testo emerge il tentativo di riportare un concetto chimico (acido-base) alla realtà quotidiana. Se da un punto di vista teorico ciò rappresenta una scelta a mio avviso saggia, in pratica ritengo sia inattuabile (riferito al caso specifico). Infatti il gusto "acido" associato al limone è facilmente associabile (e verificato) dagli alunni. Il gusto "basico" associato al bicarbonato non è facilmente verificabile. Si potrebbe creare in questo modo nell'alunno, una difficoltà di astrazione. Parlare a questo stadio di maturazione (II media) di "farsa" di acidi e basi mi sembra una "forzatura". Ritengo, infatti, che nonostante il tentativo dell'autore di riportare i concetti al quotidiano, gli alunni avrebbero grosse difficoltà a "far proprio il concetto". Ritengo che la lettura del testo molto difficilmente possa fornire agli alunni delle conoscenze e/o strumenti utilizzabili. Pericolosissimo infine il suggerimento di assaggiare il sapone (o qualsiasi altra sostanza chimica). A costo di sembrare "facilone" ritengo che il concetto acido/base, al di là del modo (non molto felice) con cui è stato affrontato, non sia spendibile in una II media).

**L.**

1. assaggio il succo di limone per definire acido mentre stabilisco prima quali sostanze sono basiche per dare la spiegazione del tipo di gusto
2. definizione sulla base dell'"assaggio" in lingua naturale; la definizione fa parte della microlingua (acidi e basi deboli)
3. il concetto di "base forte" (ling. spec.) è che stura i lavandini? (ling nat)
4. una scala deve prima fissare uno zero (o...cosa è neutro) e stabilire cosa misura
5. l'acqua distillata è neutra "per eccellenza" o per definizione; o per convenzione?
6. saponi neutri poi rispetto a cosa?
7. come può poi la saliva essere acida? (per assaggio?)
8. CONCLUSIONE: trovo sbagliato utilizzare contemporaneamente linguaggio naturale e specifico, senza chiarire quando sto usando l'uno e quando l'altro. Introduce anche il vocabolo diluizione ma non c'è corrispondentemente il significato)

**M.**

- 1) SCELTA DEL CONTENUTO: leggendo le due pagine dedicate ad "acidi e basi" la prima considerazione che mi viene da fare è: sulla base di cosa è stato scelto di affrontare questo argomento? O meglio, una volta deciso di parlare di acidità e basicità (cioè comportamento acido o basico di una sostanza) ha senso tirare in ballo il concetto di pH? Mi chiedo (e non so rispondermi adesso) quali abilità possano essere sviluppate dall'allievo con l'aiuto di questo argomento
- 2) FORMA. Il testo è leggibile, piuttosto scorrevole e la presenza di figure rende l'impaginazione gradevole. Termini specifici sono inseriti in modo un po' "brutale", ma per poter continuare con l'analisi di questo punto avrei bisogno di avere tutti i volumi per le mani, in modo da rendermi conto se, ad esempio, qualcosa delle microlingue utilizzate è già stato costruito in precedenza. Un'analisi linguistica accurata, comunque necessiterebbe di molto più tempo...
- 3) CORRETTEZZA del testo. Se proprio dobbiamo parlare di acidità e basicità, almeno cerchiamo di non dare concetti sbagliati, e, quantomeno, di non istigare i ragazzi all'assaggio sconsiderato. Non basta dire che "per fortuna oltre al palato" esistono gli indicatori. I concetti sbagliati che saltano ai miei occhi sono: la definizione di acidi e basi in assoluto (un acido debole si comporta da base in concentrazioni adeguate con un acido forte); la definizione di pH come "unità di misura dell'acidità o della basicità di una sostanza" per cui "una sostanza con pH = 7 è neutra", "gli acidi hanno un pH compreso tra 0 e 7" e "le basi hanno un pH compreso tra 7 e 14" mi fa venire i brividi.

**N.**

L'approccio all'argomento da un certo punto di vista mi sembra buono perché prende in esame oggetti ben noti ai ragazzi (come il limone e il suo gusto acido); già meno noto è il bicarbonato di sodio e il fatto che abbia un gusto amaro.... Il rischio di questo approccio è il fatto che il bambino tenda ad associare pH diversi a gusti diversi e pensare che esistano categorie di cibi definite dal loro gusto (potrebbe esserci una terza categoria per il dolce, una quarta per il salato...). Poi in effetti gli esempi si spostano su oggetti diversi dal cibo e questo dovrebbe

far pensare al bambino che acidi e basi rappresentano 2 categorie ben più vaste di sostanze. Io forse questo l'avrei scritto più chiaramente. Una cosa che forse non è chiara è perché dividiamo in queste due categorie (acide e basiche) le sostanze, cioè l'importanza e il ruolo che svolge una sostanza acida o basica. Anche sul pH si poteva scrivere qualcosa in più. Inoltre tra gli esempi delle sostanze acide e basiche, qualcuna mi sembra un po' difficile (cioè neanche io le ho tutte ben presenti...); senza parlare che magari i bambini non sanno che cosa voglia dire "diluito al 30% o diluito al 10-15%". Inoltre ritengo che l'utilizzo delle cartine tornasole non sia spiegato affatto.

- O.** In queste due pagine mi sembra che il testo utilizzi una terminologia accessibile ad un alunno di seconda media. Si introduce dapprima il concetto fondamentale (acido e base) partendo da una situazione concreta (assaggio di succo di limone), aggiungendo poi gradatamente nuovi concetti collegati (ad es. acido/base debole/forte; indicatori di pH acidità, basicità, definizione di pH). La definizione di pH mi sembra però eccessivamente stringata e andrebbe meglio definita (non mi sembra una vera definizione); ad esempio, partendo dal significato del termine pH (in italiano potenze idrogeno, credo) per definire meglio il fatto che acidità e basicità sono legate alla concentrazione degli ioni idrogeno in una soluzione. Chiaramente questo concetto non è facile da introdurre in una classe media, ma credo che sia fondamentale se veramente si vuole far sapere che cos'è realmente l'acidità o la basicità di una sostanza e non fermarsi alla descrizione di fenomeni legati all'acidità e basicità ad es. sturare lavandini.
- P.** Apprezzo il fatto che il capitolo inizi portando un esempio della vita quotidiana per gli acidi, mi domando però se non si potesse trovare qualcosa di più "semplice" come esempio di basi. Invece mi sembra meno azzeccata la parte che dovrebbe spiegare quanto forti sono gli acidi e le basi, per esempio perché non dovrei usare un acido per sturare un lavandino? Un'altra precisazione si potrebbe fare sulle cartine tornasole, che cosa è? Cambia colore quando è messa vicino ad una sostanza oppure deve essere messa a contatto? Visto che è un indicatore probabilmente è necessario il contatto (e se una sostanza è neutra di che colore diventa la cartina?). In riferimento alle osservazioni uscite nell'ultima lezione, in queste pagine le definizioni non sono conclusive. Non trovo rilevanti le figure, tranne gli esempi posti in scala che invece ritengo utili.
- Q.** Nel testo è evidente un tentativo di avvicinare lo studente a concetti e argomenti astratti quali l'acidità e la basicità delle soluzioni tramite l'utilizzo di prodotti e semplici esperimenti che per i ragazzi sono di uso comune, un approccio del genere, utilizzando elementi della vita quotidiana può essere sicuramente più funzionale dell'uso di definizioni astratte. L'utilizzo di alcuni termini per indicare dei composti possono essere sconosciuti ai ragazzi, come l'acqua distillata e altri composti chimici. Volendo trattare l'argomento sarebbe utile una esperienza in laboratorio per rendere più concreti i concetti trasmessi.
- R.** Trovo sensato l'approccio all'argomento partendo dall'esperienza che il ragazzo può avere direttamente nel distinguere una sostanza acida da una basica, ma credo che il resto proposto sia un po' nebuloso quando si tratta di dare una definizione esauriente di che cosa sia un acido e cosa una base. Pur tenendo conto dell'età degli alunni e del fatto che non si possano per loro utilizzare dei termini e delle definizioni troppo complessi, secondo me l'argomento è trattato in maniera troppo sintetica, introducendo molti concetti, alcuni dei quali di difficile comprensione in poche righe. Sono utilizzati dei termini scientifici senza praticamente alcuna spiegazione come la cartina al tornasole o il piaccametro, ma credo che, dopo averlo studiato senza capirlo, senza una spiegazione esauriente dell'argomento da parte dell'insegnante, nessun alunno sarebbe in grado di rispondere alla domanda "che cos'è un acido?" Trovo inoltre molto pericoloso il suggerimento di riconoscere acidi e basi assaggiandoli, pur dicendo che alcune sostanze sono corrosive e dannose, non si sa mai cosa potrebbe passare per la testa a qualcuno dei ragazzi.
- S.** Nel primo paragrafo, gli studenti vengono invitati ad assaggiare acidi e basi, come se la loro acidità/basicità fosse una caratteristica legata al gusto. Potrebbe indurre inoltre in errore i ragazzi che per verificare il pH andranno ad assaggiare pomodori, latte ma anche ammoniaca e latte di calce. Nel secondo paragrafo viene introdotto in una riga appena la possibile pericolosità di altri acidi e basi. Ma l'acido acetico glaciale non è certo piacevole da assaggiare o maneggiare (ricordo ancora quando una goccia mi si è infilata tra il camice e il guanto!), l'acido acetico dell'aceto dà una sensazione ben diversa. Il concetto di concentrazione di un acido/base non assolutamente preso in considerazione nel testo, ma nell'ultimo paragrafo compare un 30%, 10-15%. Nella descrizione di pH sembra quasi che sia il pH a determinare un acido e una base. Se il pH è 14 allora è una base forte e non il contrario che una base è forte per le sue caratteristiche e quindi avrà un pH basico, cioè l'unità di misura delle sue caratteristiche sarà elevata. Descrizione piaccametro. Penso che si possa scegliere di citare degli strumenti o meno, se lo si fa bisogna però spiegarli correttamente. Leggendo sembra che inserendo la sonda nella sostanza, si legge il pH, viene tralasciato completamente il concetto di taratura dello strumento con soluzioni a pH noto. L'argomento è sicuramente difficile, ma se si sceglie di farlo, va fatto correttamente, piuttosto è meglio non farlo.

## ALLEGATO 5

### LAVORO DI GRUPPO

*< Facendo riferimento alle due pagine del testo "Primo piano sulle Scienze"(Ed. Paravia) (acidi e basi) che avete già commentato nel lavoro individuale, rispondete alle seguenti domande:*

1. *quali termini vengono introdotti?*
2. *in quali casi l'argomentazione che compare nel testo consente all'alunno di configurare tali termini come concetti?*
3. *gli aspetti fenomenologici presentati prevedono la loro osservazione da parte degli alunni?*
4. *il contenuto è funzionale agli obiettivi che riterreste importante perseguire con il vostro insegnamento?*

### Gruppo U

1. ....
2. l'argomentazione del primo paragrafo permette ai ragazzi di configurarsi il concetto di acido e basico, però limitatamente a un numero ridotto di composti (i cosiddetti acidi e basi deboli)
3. gli aspetti fenomenologici presentati dal testo prevederebbero la loro osservazione diretta solo mediante l'utilizzo di attività di laboratorio, lasciate alla discrezione dell'insegnante e alla disponibilità di strutture adeguate. Senza l'osservazione diretta infatti i termini e gli aspetti fenomenologici rimangono ad un livello puramente astratto.
4. il contenuto del testo può essere funzionale agli obiettivi solo per quella parte che i ragazzi possono sperimentare quotidianamente. Riteniamo, di comune accordo, che questi argomenti siano troppo astratti per essere correttamente assimilati da ragazzi di II media, per questo motivo li escluderemmo dalla programmazione.

**Gruppo W**

1. ....
2. consideriamo che l'unico termine che possa essere considerato come concetto è "indicatori"
3. no, in quanto l'unico esperimento usa sostanze non alla portata di ragazzi di II media
4. dovendo introdurre concetti di acido-base, noi focalizzeremo più su un aspetto pratico, cercando di impostare una lezione in laboratorio, per dare un'idea che esistono queste due ampie categorie senza però scendere troppo nello specifico. Inoltre una lezione più interattiva dà modo di imparare attraverso più canali. Questo è il tipo di lezione che noi come studenti non abbiamo mai avuto, ma che avremmo voluto avere. In quest'ottica questo contenuto non è funzionale agli scopi che ci prefiggeremo.

**Gruppo X**

1. ....
2. acido e base viene configurato come concetto associandolo al gusto. Questa associazione concettuale viene vista da T. come misconcetto (C. si chiede la gravità di ciò...) Indicatore viene associato al concetto di sostanza capace di assumere colori diversi a seconda delle condizioni acide/basiche. Tale concetto è tuttavia molto limitato in quanto sono fornite solo le condizioni estreme: a pH neutro viene associato solo un concetto parziale che sarebbe meglio non dare piuttosto che banalizzarlo. Gli altri termini non sono associati a nessun concetto
3. propone di fare un esperimento finale mischiando idrossido di sodio al 30% e acido cloridrico al 10-15%. Non propone invece di misurare con cartine al tornasole il pH di alcune soluzioni
4. in ragione del fatto che gli obiettivi che vorremmo perseguire sono: fornire non solo lezioni ma soprattutto strumenti utili alla comprensione, non riteniamo che il contenuto di questo brano, viste le limitate capacità di astrazione dei ragazzi di II media, possa essere utilizzato a tale scopo.

**Gruppo Y**

1. ....
2. pur considerando il sistema dell'assaggio poco praticabile e rischioso, è funzionale a dare il concetto di acido anche se non corretta l'argomentazione dell'assaggiabilità consente all'alunno di configurarsi il concetto di forza di acidi e basi
3. gli aspetti fenomenologici sono presenti come dato di fatto che non lasciano spazio come deduzioni autonome
4. se l'obiettivo è che l'alunno percepisca la differenza tra acido e base e una sua misura il contenuto del testo non è funzionale perché:
  - "acidi e basi deboli si possono tranquillamente assaggiare"
  - acidi e basi forti sono posti sullo stesso piano – non è fornito un metodo per misurare

**Gruppo Z**

1. ....
2. se per concetto intendiamo "immagine mentale" probabilmente il lettore di queste due pagine è in grado di configurare i termini: acido, base, indicatore, pH. I primi due concetti saranno associati agli esempi forniti; l'indicatore alla figura riportata, il pH ad una proprietà che può essere riportata in una scala. Se per possedere il concetto intendiamo un'acquisizione profonda del contenuto, il pH è quello che viene trattato in maniera più "esaustiva" (sebbene non corretta)
3. il riferimento alla quotidianità è apprezzabile ma riteniamo che si sottovaluti la pericolosità dell'assaggio
4. il contenuto non è funzionale agli obiettivi di formulazione di ipotesi, "visione scientifica" degli aspetti della vita quotidiana e acquisizione di nuovi termini di linguaggio specifico che invece a nostro avviso dovrebbero essere perseguiti

**ALLEGATO 6****LAVORO INDIVIDUALE**

***Poiché le indicazioni degli esperti nel settore educativo suggeriscono che l'insegnamento scientifico nella scuola di base dovrebbe partire da situazioni sperimentali, fenomenologiche, assume particolare importanza il ruolo dell'osservazione. A questo proposito ti si chiede di leggere il brevissimo passo scritto qui di seguito e di esprimere il tuo punto di vista su come faresti a condurre l'osservazione di oggetti o di semplici fenomenologie ai tuoi alunni***

*Comunque ci si ponga nei confronti della realtà, quando osserviamo ciò che vediamo realmente, ciò che registriamo a livello percettivo e consapevole è ciò che è più legato ai nostri interessi e curiosità del momento, ai nostri obiettivi, alle nostre ipotesi.*

*L'osservazione è quindi un comportamento specifico di attenzione a un particolare evento. Si distingue dal semplice "guardare" poiché è uno sguardo intenzionale, mirato, attivo, non generico, che tende a mettere a fuoco ciò che l'osservatore ritiene più rilevante e significativo in relazione ai suoi interessi, alle sue motivazioni, alle ragioni che hanno permesso la rilevazione dei dati.*

*E' sempre un procedimento selettivo.*

*L'obiettivo, lo scopo dell'osservazione fa sì che lo sguardo dell'osservatore sia centrato su qualcosa, non è possibile osservare tutto e neppure è auspicabile. Poiché solo la curiosità, l'attenzione mirata ed intenzionale, ci permette di "vedere" e quindi di "scoprire" qualcosa.*

*E', pertanto, certamente qualcosa di più di un'interazione tra l'occhio e un oggetto esterno. Coinvolge anche un'attività mentale condizionata dalle proprie idee sull'oggetto, dalle motivazioni, dalle aspettative.*

*Su come condurre l'osservazione ci sono punti di vista differenti. C'è chi sostiene che debba essere guidata, chi invece ritiene debba essere libera.*

**A.**

Io dico come ho condotto, e come conduco tuttora, l'osservazione di oggetti e fenomeni: intanto cerco di individuare lo scopo dell'osservazione e poi cerco di mettere a fuoco e di imparare (cercando di ripetere io stessa le azioni e i comportamenti osservati) le cose più importanti e significative per raggiungere l'obiettivo e poi le cose secondarie di raffinamento per raggiungere l'obiettivo. La persona che mi guida nell'osservazione dà le istruzioni per raggiungere l'obiettivo, ma poi io le faccio mie rielaborate, cioè più funzionali e pratiche per me per raggiungere l'obiettivo. Io chiederei agli alunni di osservare e di spiegare l'osservazione. In questo modo emergono interessi, modulazioni differenti, punti di vista diversi; gli alunni si sforzano ad osservare, a trarre considerazioni, a porsi domande, a partecipare, a confrontarsi con gli altri. E poi l'insegnante dovrà riassumere e dare delle linee guida generali.

**B.**

Suddividerei il lavoro di osservazione in due momenti: nella prima fase lascerei gli studenti liberi di osservare il fenomeno, senza dare loro nessun tipo di suggerimento su cosa osservare con maggiore o minore attenzione. Farei elaborare poi una piccola relazione in cui esprimere

ciò che hanno visto, e soprattutto i fatti che li hanno colpiti di più. Dovrebbe seguire poi un confronto collettivo in cui emergono gli aspetti che sono stati notati maggiormente e quelli magari che hanno ricevuto minore attenzione. Darei poi loro i suggerimenti e consigli su come effettuare un'osservazione mirata ed oggettiva sullo stesso avvenimento, sottolineando gli aspetti che, nel nuovo contesto, hanno importanza fondamentale. Cercherei comunque di sottolineare un'osservazione oggettiva quanto quella di una comunicazione oggettiva, evidenziando la differenza tra osservare e interpretare. Penso che permettere agli studenti di osservare direttamente un evento sia sicuramente utile dal punto di vista didattico, questa osservazione iniziale e grezza va poi approfondita e "purificata" da contaminazioni quali interpretazioni personali del tutto soggettive.

C.

Per prima cosa sicuramente cercherei di incuriosire i miei studenti riguardo all'argomento che devo trattare. Trovo infatti che la curiosità sia il primo passo per attirare l'attenzione. Una volta stimolata in loro la curiosità gli alunni non verranno più distratti da altre cose e quindi staranno attenti alla spiegazione o dimostrazione che dovrò fare e osserveranno sia gli oggetti che i fenomeni da loro descritti. Una volta catturata l'attenzione cercherei comunque di fare una lezione ponendo loro sempre continue domande cercando così di costruire assieme a loro la lezione stessa. Perciò adotterei un tipo di osservazione guidata al fine di catturare in loro sempre l'attenzione. Un'osservazione di tipo libera, secondo me risulterebbe dispersiva e a lungo andare provocherei negli studenti un calo di curiosità e di attenzione. Di conseguenza non "vedrebbero e quindi non scoprirebbero qualcosa".

D.

Credo sia molto importante distinguere ed insegnare a distinguere tra osservazione e interpretazione. L'osservazione è sì tutto quello riportato sopra (ndr nel breve brano); aggiungerei un aggettivo "oggettivo" (essere obiettivi). A mio avviso osservare vuol dire riportare eventi nella maniera più oggettiva possibile. Insegnare questo agli alunni, insegnare che riportare in maniera oggettiva fatti e situazioni della realtà, senza farsi condizionare dalle proprie opinioni, è un compito dell'insegnante, in particolar modo in ambito scientifico. D'altro canto "interpretare" è dare una propria opinione, non è più essere oggettivi, bensì riportare eventi in modo soggettivo. Nella mia esperienza di alunna (medie-superiori) questa distinzione non è mai stata spiegata e neanche fatta notare. Ponendomi dalla parte dell'insegnante farei quanto detto prima, aggiungendo una cosa: farei in modo che i ragazzi, prima di iniziare a osservare, si ponessero degli scopi, degli obiettivi di quello che devono o vogliono osservare, aiutandoli inizialmente in un'osservazione guidata, che col tempo e con un po' di esperienza può diventare libera.

E.

Ricordo un proverbio che più o meno diceva: "se leggo dimentico, se vedo ricordo, se faccio imparo". Perché un processo di apprendimento sia efficace è indispensabile prevedere anche (ma non solo) una fase di osservazione. Non so dirle se, in senso assoluto, sia meglio l'osservazione guidata o libera. Probabilmente entrambi i metodi sono validi, dipende dal fenomeno o dagli oggetti che il docente intende far osservare. Quella libera può indurre lo studente a soffermare la sua attenzione su ciò che realmente lo incuriosisce nell'ambito del fenomeno in esame. Però alla fine dell'osservazione, secondo me, il docente deve intervenire per trarre le conclusioni insieme agli studenti. L'osservazione guidata, prevede che fin dall'inizio, il docente agisca in qualità di regista e conduca gli studenti attraverso determinate tappe per giungere ad uno (o più) obiettivi prefissati. Non so dirle quale preferisco, forse sono più affine all'approccio guidato. Gestisco male gli imprevisti!

F.

Come si indica nel testo, "l'osservazione è un comportamento specifico di attenzione a un particolare evento". E si prosegue indicandola come "sguardo intenzionale, mirato, attivo, non generico" che si focalizza su quello che "l'osservatore ritiene più rilevante e significativo in relazione ai suoi interessi, motivazioni, ..."; per questo motivo è un processo selettivo, selezionato dalla curiosità e dall'attenzione mirata e intenzionata dell'osservatore. Per questo motivo all'inizio l'attenzione dovrebbe essere libera per poter capire quali siano le curiosità dei ragazzi e quindi dove si focalizza la loro attenzione. Solo in un secondo momento, partendo da quello che è stato osservato liberamente, si dovrebbe impostare un'osservazione guidata, per poter arrivare a una descrizione di oggetti e fenomenologie in modo oggettivo, cioè senza il filtro delle personali idee, motivazioni e aspettative in quanto l'osservazione scientifica deve essere oggettiva.

G.

1. sinceramente non mi sembra che il testo persegua anche obiettivi non strettamente disciplinari, con ciò intendiamo argomenti legati ad altre discipline. Però ho riscontrato un più o meno evidente "invito" all'osservazione (che secondo me è comunque un obiettivo)
2. se nella prima parte il ruolo dell'alunno è sicuramente più "passivo" e si relega alla comprensione del testo nella seconda, con la scheda operativa, l'alunno dovrebbe sperimentare e osservare i fenomeni spiegati nel testo.
3. solo in parte; sicuramente ricorrei a degli esempi pratici ma simultanei alla "spiegazione". Inoltre non so se introdurrei così immediatamente il concetto di distillazione frazionata e probabilmente mi soffermerei un po' di più sulla concentrazione (soprattutto in merito al punto di saturazione). Probabilmente, se proprio dovessi adottare un libro di testo, questo potrebbe essere uno dei "candidati" (naturalmente per quel poco che ho potuto leggere) perché usa un approccio abbastanza sperimentale. Personalmente adotterei un approccio ancora più pratico e baserei l'assimilazione dei concetti da parte dei ragazzi proprio sull'esperienza "manuale".

H.

A mio avviso ritengo che l'osservazione di oggetti o di semplici fenomenologie debba essere complessivamente guidata dall'insegnante. L'osservazione libera in senso stretto degli alunni potrebbe essere indirizzata verso aspetti meno importanti della fenomenologia che potrebbero non fare assimilare allo studente i concetti basilari. D'altro canto, l'osservazione libera degli alunni potrebbe indicare all'insegnante quali idee, motivazioni e aspettative condizionano l'osservazione soggettiva degli alunni. Farei, perciò osservare all'inizio il fenomeno liberamente facendo esprimere, oralmente o per scritto, i ragazzi su quali e quanti aspetti del fenomeno si è concentrata la loro attenzione. Successivamente, indicherei agli studenti quegli aspetti che ritengo importanti, a livello concettuale, del fenomeno e che potrebbero essere sfuggiti in un primo momento ai ragazzi. Nel caso di un oggetto l'osservazione libera iniziale potrebbe permettere all'insegnante di valutare la variabilità di descrizioni e di differenziare possibilmente l'insegnamento.

I.

Io penso che perché qualsiasi argomento venga almeno in parte acquisito, nel senso che allo studente rimanga qualcosa, sia importante lo stimolo alla curiosità. Solo così si può ottenere la motivazione e l'interesse. Non penso comunque che possa essere possibile un'attività osservativa completamente libera, perché comunque l'utilizzo di qualunque strumento dal libro al microscopio comporta una certa intenzionalità. Detto questo ciò che preferirei è guidare ad un'osservazione oggettiva di ciò che .....né quando si parla di materiale scientifico, ma partendo da un'osservazione libera dello studente, per vedere dove si focalizza la sua attenzione e soprattutto il tipo di ..... Con cui abbiamo a che fare.

J.

Io penso che l'osservazione, a livello iniziale, dovrebbe essere guidata o meglio "partecipata" nel senso che l'insegnante dovrebbe allestire l'esperimento nella maniera più funzionale all'obiettivo che intende perseguire e quindi far partecipare direttamente gli alunni con ipotesi e suggerimenti. Si può quindi far formulare ai ragazzi metodi alternativi per giungere alle stesse conclusioni sperimentali. Ovviamente è compito dell'insegnante richiamare l'attenzione sul fatto che spesso le nostre idee o i luoghi comuni possono indurci a conclusioni sbagliate e quindi è opportuno essere sempre il più oggettivi possibile nelle descrizioni di fenomeni. Un esempio pratico è far vedere la differenza di densità delle sostanze utilizzando acqua e olio: nel linguaggio comune si sente spesso dire che l'olio è più denso dell'acqua poiché si usa impropriamente il termine "denso" al posto del termine "viscoso" confondendo così due proprietà diverse della materia. Ma introducendo

in un contenitore olio e acqua si nota che l'olio tende a stratificarsi sopra l'acqua dando così l'idea di una densità minore. Si può quindi andare avanti facendo vedere che masse uguali di sostanze diverse occupano volumi diversi (o viceversa) e da qui passare ad una definizione di densità. L'importante è che alla fine di un'osservazione il ragazzo sia in grado di ripeterla (con le opportune variazioni che personalmente vuole apportare) autonomamente, avendo appreso il concetto che l'osservazione stessa vuole comprovare.

K.

A mio avviso l'osservazione, almeno in una fase iniziale, deve essere libera. Solo tramite un'osservazione libera, infatti, l'allievo riesce a cogliere le specifiche che per lui in quel particolare momento sono più significative. Questo da un punto di vista motivazionale è molto importante in quanto l'allievo è portato a sentirsi protagonista attivo e non un mero spettatore. Ritengo che spingere l'allievo in una particolare direzione potrebbe sfociare in un soffocamento della sua creatività e tradursi in una perdita di interesse. Ritengo che, in una fase successiva, sia necessario che gli alunni confrontino le loro visioni, cercando punti di convergenza e punti di divergenza. In questa fase potrebbe essere utile da parte del docente, proporre il proprio punto di vista e indirizzare le varie osservazioni nella direzione ritenuta più appropriata per una concettualizzazione e classificazione del fenomeno osservato.

L.

Supponiamo di voler affrontare l'argomento "principio di Archimede". Il ragazzo è invitato a osservare il comportamento di un cucchiaino in una tazza di latte. Il cucchiaino può galleggiare nel liquido? Quanto? Dipende dal liquido? Dipende dal materiale del cucchiaino? Dal peso? Dall'osservazione delle diverse situazioni l'alunno, confrontandosi, trova delle soluzioni, le propone, le critica, le confuta. Se l'alunno parte dall'ipotesi che solo oggetti di peso specifico minore dell'acqua possono galleggiare sull'acqua, dovrà rivedere la sua idea dopo l'osservazione. Non riesco a figurarmi un'attività di osservazione completamente libera. Comunque l'osservazione ristretta ad un aspetto, a un campo predefinito quindi guidata.

M.

Rifacendomi a ciò che ho appena letto l'osservazione, in quanto comportamento specifico di attenzione ad un particolare evento, ha caratteristiche ben precise di intenzionalità. Questa intenzionalità scaturisce da interesse, curiosità, obiettivi, ipotesi. Credo, allora, che sia fondamentale creare questo genere di presupposti negli alunni. Riguardo al problema di preferire o no un'osservazione guidata, ritengo che tutto dipenda dall'oggetto e/o fenomenologia da osservare. Mi spiego meglio: nel caso in cui si tratti di oggetti di osservazione non troppo complessi forse l'osservazione libera può essere formativa, ma a mio parere sta a noi "controllare" che davvero l'attenzione sia focalizzata dove riteniamo sia "importante". La cosa principale, che mi sembra fondamentale da trasmettere agli alunni, è l'importanza del metodo di osservazione. Altrettanto importante è far passare il concetto che l'osservazione è anche una questione di punti di vista. Un obiettivo che sicuramente mi pongo a livello didattico e formativo è quello di far lavorare i ragazzi sul passaggio tra realtà e modello, attraverso la formulazione di ipotesi. Concludendo, mi piacerebbe essere in grado di fornire mano a mano ai miei alunni gli strumenti giusti per metterli in grado di portare avanti un'osservazione libera ma degna di essere chiamata tale.

N.

Di certo è importante insegnare ai propri alunni ad "osservare". Io stessa avrei voluto imparare ad osservare, poiché mi rendo conto che spesso molti particolari mi sfuggono. Credo che un buon metodo potrebbe essere spingere i ragazzi a pensare e scrivere, prima di osservare il fenomeno stesso, che cosa si aspettano di vedere, le variabili in gioco, la successione delle azioni che costituiscono il fenomeno stesso. Naturalmente in questo devono essere aiutati dall'insegnante che faccia attenzione a che non si distolgano troppo dai "reali" intenti. Mettendo questo nero su bianco e magari scambiandosi le aspettative gli uni con gli altri, verrebbe fuori una sorta di "griglia" osservativa che in qualche modo potrebbe servire da guida nell'esperienza di osservazione e che, essendo creata dagli alunni stessi, potrebbe arricchire comunque l'insegnante. Naturalmente questa avrebbe il difetto di rimanere rigida e di non poter essere esaustiva del fenomeno osservato, ma potrebbe essere un buon inizio per "educare" il bambino all'osservazione. E' chiaro che la condizione migliore sarebbe che egli integrasse quest'osservazione guidata, che però si è creata lui stesso, con un'osservazione libera di particolari e parametri mutevoli che è difficile inserire in una griglia. Sarebbe importante anche lo scambio con i compagni. Questo potrebbe essere un buon metodo soprattutto per l'osservazione di fenomeni fisici, metodo che costringerebbe i ragazzi a riflettere prima, durante e dopo l'osservazione. Permetterebbe comunque ai ragazzi di acquisire una "metodologia" che poi potrebbero applicare, con le dovute "sfrondature", anche ad altri aspetti della vita quotidiana.

O.

Soffermarsi a osservare richiede tempo, capacità critica e riflessiva. Se dovessi condurre l'osservazione di oggetti o fenomeni dei miei alunni cercherei di suddividere il lavoro di osservazione in maniera analitica. Chiederei ai miei alunni di definire in maniera univoca l'oggetto dell'osservazione in maniera da isolarlo e definirlo nella maniera più chiara possibile. Il passo successivo sarebbe quello di definire esattamente le condizioni nelle quali deve avvenire l'osservazione e gli aspetti del fenomeno e dell'oggetto osservato che realmente ci interessano. Nell'osservazione di fenomeni attraverso esperimenti è fondamentale fare delle ipotesi su quali saranno i possibili esiti dell'esperimento, confrontare i risultati realmente ottenuti e se vi è discrepanza, cercare di comprenderne i motivi. In questo modo si può raggiungere uno degli scopi fondamentali dell'osservazione, ossia quello di aumentare le nostre conoscenze su quell'oggetto o quel fenomeno. Offrirei, quindi, all'inizio, una traccia di un possibile metodo di osservazione ai miei studenti, lasciandogli poi, successivamente, la possibilità di crearsi loro un metodo proprio di osservazione che è fondamentale per raggiungere una autonoma capacità di riflessione.

P.

Prima di tutto è essenziale avere chiaro l'obiettivo dell'osservazione. Dopo di che l'osservazione dovrebbe inizialmente essere libera, individuale, in modo da capire che tipo di approccio hanno all'osservazione gli studenti, seguita da un confronto in piccoli gruppi e poi nella classe, per poter rendere partecipi tutti dei diversi punti di vista. Credo infatti molto nel confronto e nella condivisione. Una volta appurato che tipo di interlocutori abbiamo di fronte, si può passare a un'osservazione mirata e guidata, ma tale da avere alcune caratteristiche emerse nell'osservazione libera e mantenendo comunque anche un grado di libertà. E' d'aiuto agli studenti avere un'indicazione su come e dove indirizzare la propria attenzione, ma ugualmente arricchente lasciare la libertà di andare oltre. Anche dopo aver deciso una linea guida per l'osservazione mantenere la suddivisione del lavoro in parte individuale e parte di gruppo. Insisto molto sulla libertà.

Q.

Per il fatto che l'osservazione dovrebbe originare da fatti molto stimolanti per i ragazzi e troverebbe una validità didattica solo se supportata da curiosità e voglia di scoprire, sarebbe preferibile condurre l'osservazione a partire da suggerimenti, idee e interessi manifestati dagli studenti. Il ruolo dell'insegnante dovrebbe essere quello di aiutare gli studenti nelle loro osservazioni fornendo loro gli opportuni strumenti, sia materiali sia contenutistici, per orientarli nelle direzioni che hanno autonomamente scelto. Tanto più che, se l'insegnante ha un obiettivo concettuale a cui arrivare, lo studente riesce comunque a raggiungere anche attraverso molteplici vie che possono originare da punti osservativi diversi proposti dagli alunni. Inoltre lasciare una certa libertà di osservazione e quindi di scoperta personale da parte degli studenti garantirebbe una maggiore partecipazione, attenzione e, probabilmente, anche un certo grado di soddisfazione personale dei ragazzi.

R.

Penso che in una prima fase potrebbe essere utile lasciare gli alunni liberi di osservare un oggetto o fenomenologie semplici, trascrivendo ciò che loro osservano. In un secondo momento vorrei che ciascuno dicesse alla classe ciò che ha osservato, in modo da rendere evidenti aspetti che qualcuno potrebbe non avere notato. Al termine di questa fase di condivisione interverrei come insegnante, per rendere noti agli alunni gli aspetti più importanti di quel che è stato loro chiesto di osservare e il motivo per cui ho deciso di utilizzare quel determinato

## Speciale: la chimica nelle SSIS

oggetto o fenomeno. Se fossero illustrati da me insegnante fino dall'inizio gli aspetti da osservare, penso che anche quel momento di attività "pratica" rischierebbe di assomigliare un po' troppo ad una lezione teorica, lasciando poco spazio all'alunno per dare una personale interpretazione di ciò che sta osservando.

S.

Partendo da quanto viene scritto nella prima riga del brano, "quando osserviamo ciò che vediamo realmente è ciò che è più legato ai nostri interessi e curiosità..." l'osservazione libera degli studenti in campo scientifico rischia di essere troppo soggetta ai loro interessi, motivazioni, sentimenti. L'osservazione scientifica dovrebbe essere, a mio avviso quanto più oggettiva possibile, non deve essere influenzata per esempio dall'ipotesi iniziale che mi ha portato a compiere quell'osservazione. L'osservazione di un fenomeno scientifico dovrebbe servire a verificare se l'ipotesi che ho in mente su tale fenomeno è corretta o meno, l'osservazione non deve quindi essere influenzata dai miei "sentimenti rischierei infatti di verificare ipotesi non corrette. Credo che ai ragazzi vada insegnato ad osservare in modo oggettivo, e quindi sia indispensabile un'osservazione guidata verso l'oggettività.

---

### ALLEGATO 7

#### LAVORO DI GRUPPO

*Confrontate le riflessioni che avete esposto nel lavoro individuale (su come condurre l'osservazione) ed esponete punti vista condivisi e quelli non condivisi*

#### GRUPPO U

Dalla discussione non siamo giunte ad una opinione comune, ma sono emerse due diverse posizioni

1. inizialmente partire da un'osservazione libera per arrivare gradualmente a quella guidata. Perché? Per lasciare libero sfogo alla creatività e curiosità dei ragazzi senza alcuna forma di vincolo o costrizione, almeno inizialmente. Questo approccio può prevedere comunque il raggiungimento degli obiettivi didattici prefissati
2. osservazione guidata: questa posizione è dovuta all'inesperienza e alla preoccupazione di dover rispondere a domande difficili da gestire ed, inoltre, è condizionata dalla scarsa disponibilità di tempo e dall'intenzione di raggiungere obiettivi prefissati. Questo approccio non esclude che ci siano dei momenti di osservazione libera.

#### GRUPPO W

Dopo il confronto siamo giunte alla conclusione che contestualizzando l'intervento non sia possibile non considerare l'osservazione come "non guidata".

Nonostante ciò, riteniamo che debba esistere un primo momento in cui i ragazzi possano analizzare il fenomeno liberamente, formulando ipotesi, confrontandole e discutendole ed eventualmente confutandole.

In seguito l'insegnante potrà intervenire per evidenziare i concetti che sono emersi, correggendo eventuali misconoscenze e completando l'argomento.

#### GRUPPO X

Prima di tutto è essenziale avere chiaro l'obiettivo dell'osservazione per non perdere di vista lo scopo.

Riteniamo che inizialmente sia necessaria l'osservazione libera e individuale da parte dello studente per poter capire quali sono le curiosità dei ragazzi e che tipo di interlocutori siano.

Solo in un secondo momento, partendo da quello che è stato osservato liberamente, si dovrebbe impostare una osservazione guidata, per giungere a una descrizione oggettiva, necessaria nell'osservazione scientifica

#### GRUPPO Y

1. osservazione libera
2. stesura di una relazione scritta (importante perché) → traduzione della percezione visiva in linguaggio scritto
3. confronto → concetti parzialmente presenti, assenti, variabilità degli aspetti osservativi, misconcetti
4. osservazione guidata
5. personalizzazione dei percorsi didattici → eliminazione dei misconcetti, condivisione di nuovi concetti
6. arricchimento dell'insegnante al fine di raggiungere i nostri obiettivi.

---

### ALLEGATO 8

#### LAVORO INDIVIDUALE

*Facendo riferimento alle due pagine del testo "Corso di Scienze in volume unico per la scuola media", Ed. Il Capitello (Le soluzioni), rispondi alle seguenti domande:*

1. *quali obiettivi, secondo te, si propone di raggiungere il testo?*
2. *persegue anche obiettivi non strettamente disciplinari?*
3. *quale ruolo hanno gli alunni nella logica del testo?*
4. *l'approccio del testo al contenuto corrisponde a quello che adotteresti per trattare questo argomento?*

A.

1. teorica: concetto di soluzione, di solvente, di soluto, di distillazione, di concentrazione, di saturazione, di solubilità  
pratica: se ci fosse un'attività laboratoristica, permette all'alunno di associare i concetti "astratti" concretamente, vedendo cosa succede (ex.: sale e acqua, acqua e olio ecc..)
2. far ragionare gli alunni (perché olio e acqua si separano e olio galleggia sull'acqua?) Chiedersi il perché avvengono certe situazioni. In questo modo l'alunno si costruisce una propria personalità, un proprio modo di pensare

3. di eseguire la scheda operativa (fare propri "concreti" dei concetti "astratti")
4. non lo so, sono inesperta in materia di insegnamento!!!!. Il testo è un po' troppo specifico quando parla di distillazione, soluzioni.....sono argomenti a mio avviso da abbinare a esperienze di laboratorio. Vedere la "cosa" rimane più impressa nella mente dell'alunno di scuola media che studiarla con una definizione sul libro.
- B.**
1. Il testo si propone di spiegare la differenza tra miscugli e soluzioni, di far capire che vi è differenza nel mescolare acqua e sale o acqua e sabbia. Il testo propone anche in concetto di concentrazione e di solubilità. Si propone di far capire che esistono sia soluzioni in forma liquida che gassosa o solida. Accenna al fatto che esistono altri solventi oltre all'acqua proponendo un esperimento.
  2. il testo fa molti riferimenti ad oggetti, sostanze e bevande che i ragazzi si trovano di fronte nella vita quotidiana (acqua, sale, vino....) forse cerca di stimolare la vivacità del ragazzino, a provare a mescolare sostanze diverse magari a diverse temperature per vedere come varia la solubilità
  3. il testo dice spesso frasi del tipo anche qui!!! "aggiungi sale acqua... te ne puoi accorgere con un assaggio, prova a capire..... Cerca di fare riferimento alla quotidianità, all'esperienza degli studenti, invogliandoli a fare esperimenti casalinghi e suscitando secondo me una certa curiosità. Mi sembra che l'alunno abbia un ruolo attivo
  4. tutto sommato non è così male, fa un riferimento all'assaggio che non condivido ma mi sembra che affronti in maniera abbastanza...i diversi aspetti". Non è facile dire ora quale approccio userei, forse personalmente farei fare subito degli esperimenti .....quali quello di mischiare acqua e sale e acqua e sabbia, oppure farei provare i bambini a smacchiare dei tessuti sporchi con diverse sostanze per vedere qual è la reazione, o ancora mescolare come dice il libro, olio e acqua e olio e trielina. Farei fare sicuramente esperimenti dai quali potrebbe emergere il concetto di concentrazione e di solubilità. L'approccio che ha adottato il libro non mi dispiace, lo trovo abbastanza completo.
- C.**  
assente
- D.**
1. gli obiettivi che il testo si propone di raggiungere, secondo me, sono: far capire la differenza tra soluzione e miscuglio, tra solvente e soluto, insegnare che esistono diversi solventi (non solo l'acqua), distinzione tra emulsione e soluzione, funzione della distillazione e della distillazione frazionata e definizioni di concentrazione e di soluzione satura
  2. obiettivi non strettamente disciplinari possono essere i riferimenti alla quotidianità, come un cucchiaino di sale in un bicchiere d'acqua, mescolato accuratamente, che non si vede più, così come lo zucchero in una bevanda (meglio calda piuttosto che fredda). Questi sono gli esempi che stimolano maggiormente la curiosità degli alunni e li spingono a verificare queste cose a casa.
  3. il ruolo degli alunni è quello di apprendere questi concetti (sperando che non sia pura memorizzazione delle definizioni) sia quello di sperimentare praticamente quello che gli viene insegnato
- E.**
1. distinguere tra soluzione e miscuglio; separare soluto e solvente con metodi diversi a seconda che si tratti di una soluzione o di un miscuglio. La parte di testo che accenna alla concentrazione, saturazione e solubilità, secondo me, è troppo ricca di concetti "pre-confezionati". Non credo che possa raggiungere particolari obiettivi. Nella scheda operativa altri obiettivi possono essere: l'acqua non è l'unico solvente; osservare la differenza tra soluzione ed emulsione; come sono collegati solubilità e temperatura
  2. forse sono solo banalità, ma alcuni obiettivi non disciplinari possono essere: un opportuno solvente può eliminare anche le macchie più ostinate; per sciogliere bene lo zucchero in una bevanda conviene scaldarla
  3. il testo cerca di coinvolgere attivamente lo studente in piccoli esperimenti per aiutare la comprensione di alcuni concetti. Un ruolo più attivo è previsto nella scheda operativa, bisogna vedere se il docente vorrà e potrà metterla in pratica
  4. proprio questa mattina la prof. di scienze della classe in cui sto svolgendo le mie ore di tirocinio, ha coinvolto i ragazzi in piccoli esperimenti sulle soluzioni. Si è portata tutto l'occorrente da casa (barattolini di vetro, imbuto, misurino, carta da filtro e diversi soluti), nella ferma convinzione che "un buon laboratorio è nella testa dell'insegnante e non tra quattro mura super organizzate!" Gli esperimenti avevano lo scopo di far capire ai ragazzi come diverse sostanze vengono (o meno) assorbite dall'intestino. Si trattava pertanto di un lavoro interdisciplinare. Devo ancora "digerire" bene ciò che ho visto fare questa mattina, ma penso che mi piacerebbe poterlo ripetere in una mia classe
- F.**
1. Il testo si propone di presentare molti concetti "nel minor spazio possibile", nel senso che molti sono introdotti molto rapidamente, senza un giusto spazio, dando inoltre per scontata la conoscenza dei passaggi di stato
  2. non vedo nel testo alcun obiettivo collegato ad altre discipline, stimola però l'osservazione
  3. il testo "parla" direttamente allo studente, sia all'inizio del capitolo, sia, soprattutto, nella scheda operativa. Lo studente è visto quindi come "colui che ascolta" nella prima parte e "colui che prova gli esperimenti" nella seconda
  4. non utilizzerei lo stesso approccio del libro di testo in quanto, come già sottolineato, presenta troppi concetti, alcuni anche molto difficili, per un ragazzo di prima media. Personalmente tenderei a esemplificare, evitando addirittura alcuni passaggi (distillazione, concentrazione, solubilità), sostituendoli con un maggior numero di esperimenti e di esempi
- G.**
1. secondo me l'obiettivo che si propone il testo è quello di "creare" nei ragazzi un concetto di soluzione. Infatti più di dare una definizione "altisonante" preferisce fare l'esempio del sale sciolto in acqua e quindi dare una connotazione pratica e reale all'idea di soluzione
  2. sinceramente non mi sembra che il testo persegua anche obiettivi non strettamente disciplinari, con ciò intendiamo argomenti legati ad altre discipline. Però ho riscontrato un più o meno evidente "invito" all'osservazione (che secondo me è comunque un obiettivo)
  3. se nella prima parte il ruolo dell'alunno è sicuramente più "passivo" e si relega alla comprensione del testo nella seconda, con la scheda operativa, l'alunno dovrebbe sperimentare e osservare i fenomeni spiegati nel testo.
  4. solo in parte; sicuramente ricorrei a degli esempi pratici ma simultanei alla "spiegazione". Inoltre non so se introdurrei così immediatamente il concetto di distillazione frazionata e probabilmente mi soffermerei un po' di più sulla concentrazione (soprattutto in merito al punto di saturazione). Probabilmente, se proprio dovessi adottare un libro di testo, questo potrebbe essere uno dei "candidati" (naturalmente per quel poco che ho potuto leggere) perché usa un approccio abbastanza sperimentale. Personalmente adotterei un approccio ancora più pratico e baserei l'assimilazione dei concetti da parte dei ragazzi proprio sull'esperienza "manuale".
- H.**
1. obiettivi: far distinguere innanzitutto il soluto dal solvente proponendo una interessante (e facile da eseguire) esperienza pratica. Proseguendo, cerca di dare definizioni di altri termini (troppi) ma in modi sempre più difficili da comprendere da parte di ragazzi di prima media e senza attività pratica
  2. non mi sembra di notare, ad una prima lettura, obiettivi non strettamente disciplinari
  3. gli studenti hanno un ruolo complessivamente attivo. Il testo, però, concentra le esperienze pratiche atte a comprendere il significato

dei termini introdotti solo nella prima parte, successivamente elenca cinque differenti definizioni che non prevedono esperienza pratica in conclusione del capitolo. La scheda operativa cerca di riportare lo studente ad assumere un ruolo attivo, ma gli esperimenti proposti non mi sembrano efficaci (poca libertà allo studente).

4. a mio avviso i primi tre capoversi possono essere vicini all'approccio che potrei adottare. Potrei, invece, criticare l'approccio finale del capitolo (con troppe definizioni in poche righe) e la scheda operativa che introduce un esperimento analogo a quello proposto ad inizio capitolo, dimenticandosi di avvisare i ragazzi (dopo aver detto che acqua e sale può essere assaggiata per valutare la presenza del soluto) che la trielina + sale o altre soluzioni possono essere pericolose all'assaggio. L'esperimento 3 non è facile da eseguire e associa impropriamente l'alcool al fornello... Il linguaggio utilizzato può essere considerato vicino agli studenti (miscugli, sale sparito...) in alcune parti. Introduce però parole come passaggi di stato e distillazione considerandoli come requisiti già propri degli studenti.

**I.**

1. il libro pretende di spiegare in meno di due facciate tutto quello che si può ricavare dal termine soluzione. Troppi "concetti", non si ha il tempo di capire una frase che subito dopo ne segue un'altra su cui ci si dovrebbe soffermare una giornata
2. non vedo obiettivi non strettamente disciplinari
3. gli alunni hanno il ruolo per lo più di ascoltatori e in alcuni punti di sperimentatori. Gli esempi utilizzati nella scheda operativa non sono però dei più adatti
4. non è l'approccio che utilizzerei intanto perché il linguaggio non mi sembra dei più appropriati. Mi sembra invece che faccia una gran confusione nella testa dei ragazzi sottoponendoli ad un'inutile fatica. Naturalmente tutto dipende dalla classe che hai davanti, ma dubito che un testo del genere sia proponibile in prima media (l'unica parte accettabile è forse quella relativa all'esperienza iniziale).

**J.**

1. secondo me il testo si propone di far ragionare i ragazzi sulla diversità delle interazioni che si possono instaurare tra le particelle di sostanze differenti. In alcuni casi, dopo il mescolamento, non si possono più riconoscere le sostanze di partenza (soluzione), in altri invece le particelle restano distinte (miscuglio, emulsione). Il testo inoltre vuole fare comprendere come la solubilità di una sostanza sia legata non solo alla natura della sostanza stessa ma anche ad alcuni fattori "esterni" quali la sua concentrazione e la temperatura
2. secondo me cerca di formare nei ragazzi uno spirito critico invitandoli a provare a creare soluzioni diverse (per tipi di sostanze in gioco e loro concentrazione) alla loro portata, la fase sperimentale sicuramente serve a fissare meglio i concetti
3. hanno il ruolo di "osservatori guidati" ovvero vengono invitati a sperimentare, seguendo però le indicazioni del testo
4. l'approccio del testo (di tipo sperimentale) rispecchia quello che adotterei, ovviamente il mio compito sarebbe quello di rendere reali le osservazioni che il testo suggerisce con esperimenti di laboratorio

**K.**

1. il testo si propone come obiettivo quello di fornire una lunga serie di nozioni, direi troppo lunga. E' lasciata come una mera appendice l'operazione sperimentale
2. secondo me persegue solo obiettivi disciplinari; direi cerca di perseguirli
3. ci sono riferimenti al vissuto degli allievi ma reputo che il contesto generale porti gli alunni ad assumere un ruolo di "spettatore" passivo
4. fermo restando una mia avversione per l'insegnamento della chimica nella scuola media, dovendo trattare questo argomento adotterei un approccio completamente diverso. Cercherei di fornire un numero di nozioni molto inferiore cercando di dare più risalto pratico alle informazioni. In sintesi mi limiterei a cercare di trasmettere pochissimi concetti (ma che vengano "conservati"). Sono dell'idea che i miei allievi con rendimento scolastico più elevato, in presenza di tale trattazione riuscirebbero, dopo un pomeriggio di studio, ad assimilare i concetti e ad esporli adeguatamente. Sono altresì convinto che dopo dieci giorni nei suddetti allievi "rimarrebbe impresso il nulla"

**O.**

1. obiettivi: acquisizione di contenuti: soluzione-miscuglio-emulsione; concentrazione; solubilità.
2. Interdisciplinarietà: le saline sfruttano l'evaporazione dell'acqua. La distillazione frazionata si può utilizzare per introdurre i derivati del petrolio
3. completamente passivo
4. corrisponde:
  - uso della carta da filtro per separare l'acqua dalla sabbia ed evaporazione per...il sale; definizione di concentrazione: l'esempio mi sembra calzante (limitatamente al solvente acqua e al soluto solido); solubilità in generale (olio/acqua e olio/trielina); aumento della temperatura per variare solubilità
  - non corrisponde
  - non utilizzare la lente (o un microscopio) per distinguere il soluto dal solvente; solubilità come misura; distillazione; solubilità e temperatura; vengono introdotti troppi concetti, mi sarei limitata a soluzione, miscuglio, emulsione, concentrazione

**P.**

1. il testo, secondo me, si propone di dare un quadro il più possibile esaustivo sull'argomento delle soluzioni. Non si limita a soluzioni di un solido in un liquido ma cita anche gli altri tipi e si preoccupa di definire la concentrazione per poi arrivare alla solubilità. Un secondo obiettivo, confermato dalla presenza di una scheda operativa è quello di proporre esperienze di osservazione di semplici fenomeni (osservazione guidata)
2. l'autore si rivolge direttamente agli alunni molte volte all'interno di una spiegazione. In alcuni casi all'alunno è richiesto di provare a capire o di notare, e questo avviene già nell'introduzione teorica, non soltanto nella scheda operativa
3. si tratta di inviti un po' blandi, ma possono comunque essere visti come utili strumenti per il raggiungimento di obiettivi non strettamente disciplinari quali l'osservazione e la capacità di ragionamento
4. l'approccio del testo al contenuto corrisponde parzialmente a quello che adotterei per trattare questo argomento. Forse partirei dalla scheda operativa o da qualcosa di simile, ma sempre dall'osservazione di diverse sostanze e del loro diverso comportamento in termini di solubilità per poi passare in un secondo tempo all'affrontare il discorso teorico: sicuramente non tirerei in ballo però la distillazione frazionata...

**N.**

1. spero si proponga di dare solo un'idea molto qualitativa del fatto che ci sono sostanze che si sciolgono in altre modificando la loro natura; mentre ce ne sono altre che non si sciolgono nello stesso solvente della prima e mantengono la loro natura. In quest'ottica viene data la definizione di concentrazione che degenera nel concetto di soluzione satura o no che a mio avviso è spiegata malissimo. Non commento neanche il riferimento ai passaggi di stato, che è un concetto importante e difficile e viene buttato lì senza alcuna spiegazione. Sarebbe meglio non averne parlato
2. non mi sembra
3. dovrebbero fare esperimenti per verificare quanto dice il libro, ma dubito che sarebbero in grado di farli (ad eccezione di quelli....)

4. assolutamente no, avrei detto meno cose ma in modo più organico e più semplice; invitando sì gli alunni a fare esperimenti ma spiegando meglio che cosa dovrebbero fare e che cosa aspettarsi; magari suggerendo di osservare determinate proprietà. Avrei lasciato tutto a un livello molto qualitativo, cercando di dare appena un'idea di quello che può succedere nelle diverse sfaccettature quando si mescolano due sostanze. L'approccio che utilizzerei io, se proprio dovessi trattare questo argomento (e non sono certa che lo farei se fossi libera di scegliere), sarebbe di portare i ragazzi in laboratorio e far loro osservare direttamente quanto succede (con sostanze non pericolose!). Poi li inviterei a trovare loro le conclusioni cercando di generalizzare. A questo punto darei qualche definizione, ma resterei più sul vago. Forse in quest'ottica l'approccio iniziale del libro, che invita i ragazzi a mescolare acqua e sale e altre semplici sostanze, non è così diverso da quello che farei. Mi dissocio completamente, però, dal prosieguo del testo, dove sono presenti moltissimi concetti difficili mal o non spiegati.
- O.**
1. l'obiettivo principale è quello di dare informazioni inerenti le soluzioni, o partendo dalla spiegazione di cosa siano le soluzioni: cosa significa solvente e soluto ecc. Si pone l'obiettivo di dare esemplificazioni concrete di soluzioni. Nelle figure si parla di vino – leghe metalliche. Nella scheda operativa l'obiettivo è suggerire una procedura per effettuare un esperimento e visualizzarne i risultati
  2. abituarsi a utilizzare un linguaggio specifico, precisione nel linguaggio adottato
  3. gli alunni sono visti con il ruolo principalmente di osservatori. Un ruolo più attivo è previsto solo nella parte iniziale quando si chiede di assaggiare una soluzione di acqua e sale e nella parte sperimentale prevista dalla scheda operativa
  4. parlando di soluzioni eviterei di trattare i passaggi di stato perché a mio avviso non strettamente inerenti l'argomento. Personalmente mi limiterei a trattare meno concetti ma più in profondità, soffermandomi maggiormente su di essi. Il testo invece tratta molti concetti ma tutti in maniera superficiale, su alcuni si limita alla mera definizione. I termini utilizzati in alcuni casi sono ambigui, ad esempio "normale" microscopio per cui cercherei di evitarli.
- P.**
1. il testo si propone di affrontare il tema delle soluzioni. Cerca di definirle, di definirne le componenti, le caratteristiche. Porta il lettore a notare che non si tratta di nozioni, ma le soluzioni si possono trovare spesso nella vita quotidiana anche dove non ce lo aspetteremmo, anche se penso che non lo persegua ma sono io a volerlo interpretare così
  2. .
  3. onestamente mi domando se l'autore ricordasse quale tipo di lettore avrebbe usufruito del libro. Ritengo che proponga troppi termini nuovi con spiegazioni superficiali. Apprezzo anche questa volta gli esempi concreti, ma ritengo molto difficile far propri i "concetti" proposti
  4. no, è troppo denso! Sicuramente mi piacerebbe affrontare le esperienze proposte nella tabella di pag 63, parlare di solvente e di soluto. Mi rendo conto che affronterei probabilmente il problema in maniera superficiale e parziale, ma parlare di distillazione frazionata, di concentrazione, soluzione satura, solubilità come proposto mi sembra che creerebbe solo confusione e, a meno di dedicare molto tempo a questi argomenti, eviterei di affrontarli
- Q.**
1. obiettivi che il testo si propone di raggiungere: evidenziare la differenza tra miscuglio e soluzione; indicare le diverse metodologie sperimentali per separare i componenti delle soluzioni; definire la concentrazione e la solubilità
  2. è presente anche l'intenzione di spingere gli studenti a prestare attenzione e osservare fenomeni della vita quotidiana e a trarre conclusioni da questi fatti, che comunque, rientrano negli obiettivi disciplinari
  3. nella logica del testo gli alunni sono osservatori di fatti reali, ed esecutori di verifiche sperimentali
  4. considerando che l'argomento dovrebbe essere trattato in una prima media, tratterei l'argomento facendo osservare agli alunni esempi diversi di soluzioni e di miscugli e chiedendo loro di descrivere quello che vedono. Dalle loro osservazioni si potrebbe arrivare a dare una idea ed una definizione di miscuglio, di soluzione, di concentrazione. Semplici esperimenti di filtrazione di acqua e sabbia e di separazione di sale dall'acqua potrebbero essere utili a definire ulteriormente questi contenuti. Tralascerei completamente il processo di distillazione, l'espressione della concentrazione come viene data nel testo, gli esperimenti con la trielina.
- R.**
1. Di illustrare il concetto di soluzione, anche con esempi pratici molto immediati, come quello del sale disciolto in acqua o dell'impossibilità di sciogliere la sabbia usando acqua come solvente. Anche la scheda allegata contribuisce a chiarire il fatto che ci possono essere molti solventi e che alcune sostanze non sono solubili in altre
  2. sinceramente non saprei. Se vogliamo considerare l'apprendimento dell'utilizzo di un linguaggio appropriato come non strettamente disciplinare allora la risposta è sì
  3. il ruolo degli alunni è quello di osservatori, ma anche di sperimentatori, infatti alcune parti del testo, oltre che per la scheda operativa, possono tradurre nella pratica ciò che leggono (acqua + sale, acqua e vino, acqua e sabbia). Questo sicuramente rende più facile l'approccio all'argomento anche se ci sono alcuni concetti che possono essere difficili da comprendere e memorizzare a 11/12 anni
  4. fondamentalmente sì, anche se probabilmente alcune parti del testo richiedono chiarimenti, in quanto possono risultare troppo difficili, anche perché vengono introdotti molti concetti. D'altra parte ogni argomento presuppone una spiegazione da parte del docente, utilizzando il testo come una traccia nella vita, e secondo me è un approccio migliore, di iniziare dall'esperienza pratica e di lì introdurre la teoria.
- S.**
1. a mio avviso l'autore vuole concretizzare i concetti di soluzione, concentrazione, solubilità dei ragazzi. Sembra quindi che tali concetti siano già posseduti dai ragazzi che qui possano essere chiariti tramite riferimenti alla vita quotidiana. Sempre nella stessa ottica sono gli esperimenti che propone nella scheda operativa, per esempio partendo dal presupposto che i ragazzi sappiano che la solubilità sia una grandezza legata alla temperatura gli propone un interessante esercizio che spero debba essere svolto in laboratorio con il docente
  2. la necessità di concretizzare concetti astratti credo che sia strettamente legata alle discipline matematiche, scientifiche, non trovo altri obiettivi comuni
  3. gli alunni nella prima parte sono ascoltatori passivi, apprendono, nella seconda parte, nella scheda operativa. Se dovessi trattare l'argomento, forse lo svolgerei completamente in laboratorio, spiegando durante lo svolgimento degli esperimenti. Non approvo, invece, il dare per scontato che i ragazzi possano crearsi i concetti di soluzione, soluzione satura, passaggi di stato in così breve tempo anche se sono già stati precedentemente trattati. Potrei approvare maggiormente il testo se fosse visto come "guida per i docenti", per i ragazzi un testo così concentrato credo che sia eccessivo e credo che la maggior parte dei concetti andranno persi.

## ALLEGATO 9

### LAVORO DI GRUPPO

Lavoro di gruppo dopo il seguente lavoro individuale:

Facendo riferimento alle due pagine del testo “Corso di Scienze in volume unico per la scuola media”, Ed. Il Capitello (Le soluzioni), rispondi alle seguenti domande:

1. quali obiettivi, secondo te, si propone di raggiungere il testo?
2. persegue anche obiettivi non strettamente disciplinari?
3. quale ruolo hanno gli alunni nella logica del testo?
4. l'approccio del testo al contenuto corrisponde a quello che adoteresti per trattare questo argomento?

Vi si chiede di confrontare i punti di vista personali in merito alle fotocopie del testo che avete letto (le soluzioni). Alla fine della discussione dovrete riassumere i punti condivisi e quelli non condivisi.

#### Gruppo U

Per quanto riguarda la prima domanda abbiamo individuato gli stessi obiettivi e siamo anche d'accordo sul fatto che la parte finale del testo è troppo ricca di concetti difficilmente assimilabili. Anche il resto della trattazione, sebbene impostata in maniera più accessibile rispetto al brano sugli “acidi e basi”, ci sembra comunque molto condensato. Testi impostati in questo modo prevedono un grande lavoro da parte dell'insegnante (integrazioni, esempi, spiegazioni), affinché i ragazzi comprendano ed apprendano. Abbiamo interpretato in maniera differente la seconda domanda: secondo A. gli obiettivi non strettamente disciplinari riguardano lo sviluppo del ragionamento dell'alunno, al fine di costruirsi una propria personalità e un proprio modo di pensare; secondo Roggero riguarda l'acquisizione di un linguaggio specifico e di una precisione del linguaggio in uso; C. E. e B. hanno individuato come obiettivi non disciplinari i riferimenti del testo alla quotidianità. Siamo concordi nel ritenere che nel brano vengono proposti piccoli esperimenti, ma un ruolo attivo agli alunni è proposto solo dalla scheda operativa. Siamo d'accordo con C. E. sul fatto che non sempre gli insegnanti vogliono usare le schede operative (mancanza di tempo, disponibilità...) e alle volte, pur volendo, la scuola non ne offre l'opportunità.

#### Gruppo W

Punti condivisi: il testo ci è piaciuto di più rispetto a quello dell'altra volta perché:

- fa continui riferimenti ad aspetti della vita pratica
- stimola la curiosità e l'osservazione
- l'alunno è interlocutore diretto

gli aspetti che NON ci sono piaciuti sono: introduce troppi concetti in modo troppo sintetico; distingue nettamente parte teorica e parte pratica

Secondo noi il testo si propone di perseguire i seguenti obiettivi:

- illustrare il concetto di soluzione facendo esempi pratici
- Gli obiettivi non strettamente disciplinari pensiamo che siano:
  - stimolare la curiosità e lo spirito di osservazione

Il ruolo degli alunni non è solamente passivo perché, anche nella parte teorica, il testo si rivolge all'alunno in prima persona

Punti NON condivisi:

sebbene siamo concordi nel passare dalla parte pratica piuttosto che dalla lettura del testo e svolgere in parallelo spiegazione e sperimentazione NON condividiamo:

sui contenuti

S. e B. utilizzerebbero tutti i contenuti presentati nel testo supportati da spiegazioni chiarificatrici; C. utilizzerebbe l'introduzione alla soluzione e a seconda della risposta della classe vedrebbe come procedere; C. L. eliminerebbe la parte concernente concentrazione, solubilità, distillazione in quanto le ritiene troppo complicate per dei ragazzi di prima media.

#### Gruppo X

Dopo il confronto abbiamo condiviso i seguenti punti:

- l'obiettivo di trasmettere il significato di “soluzione” suggerendo esperimenti e fornendo nozioni
- soltanto N. vede interdisciplinarietà nell'evaporazione dell'acqua e nella distillazione frazionata
- per quanto siano previste attività pratiche e riferimenti alla realtà, l'alunno è “oggetto” (e non soggetto) della lezione

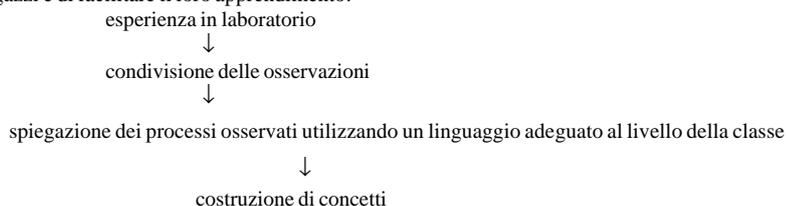
NON è condiviso da tutti:

- S. e M. l'approccio non è condivisibile perché l'autore dà troppe definizioni e informazioni, per S. alcune esperienze sono troppo pericolose, per M. anche le esperienze presumono troppe nozioni risultando poco fruibili (dopo 2 giorni l'alunno si scorda tutto)
- D.F. e N. condividono alcuni approcci; in particolare le attività pratiche iniziali, ma l'alunno dovrebbe avere la possibilità di essere più libero nell'osservazione

#### Gruppo Y

Punti condivisi:

- riteniamo che gli obiettivi che il testo si propone di perseguire (differenza tra miscugli e soluzioni, processi di separazione, definizione di concentrazione, solubilità e concentrazioni sature) siano strettamente disciplinari e difficilmente raggiungibili in una I media e con un linguaggio difficile e condensato in due colonne di libro. Nella logica del testo gli alunni sono considerati come “sperimentatori colti” per verificare, nel senso di mettere in pratica, i contenuti proposti. Dubitiamo fortemente che siano in grado di comprenderne il significato ad eccezione dei semplici esperimenti iniziali, che utilizzeremmo per introdurre l'argomento. In questo modo pensiamo di suscitare la curiosità nei ragazzi e di facilitare il loro apprendimento:



30

#### Gruppo Z

Dalla nostra discussione è emerso che i nostri tre punti di vista, sebbene con alcune sfumature, sono concordi:

1. riteniamo che gli obiettivi del testo siano:

- dare un quadro esaustivo sull'argomento
- concretizzare i concetti affrontati tramite il continuo rimando ad esempi legati alla quotidianità
- 2. per quello che riguarda possibili obiettivi non strettamente disciplinari riteniamo il creare uno spirito critico e lo stimolare all'osservazione possano avere una valenza del tutto interdisciplinare
- 3. gli alunni sono osservatori guidati, forse nella prima parte più passivi, nella seconda (scheda operativa) più protagonisti
- 4. sostanzialmente siamo d'accordo con l'approccio del testo (di tipo sperimentale); nello stesso tempo vorremmo sottolineare l'importanza della fase di sperimentazione, senza l'aiuto della quale anche l'impianto teorico proposto cade. A proposito dell'obiettivo dell'autore riguardante la completezza e l'eshaustività riteniamo che entrare in alcuni aspetti troppo specifici (es distillazione frazionata) sia controproducente al fine di raggiungere i nostri obiettivi.

## ALLEGATO 10

### LAVORO INDIVIDUALE

*Ti si chiede di indicare gli obiettivi che ti prefiggeresti di raggiungere con il tuo insegnamento di scienze sperimentali nella scuola media. (Tieni conto che in una prossima esercitazione ti verrà assegnato un contenuto specifico e ti verrà chiesto di mostrare come avvieresti i tuoi alunni all'acquisizione di tali obiettivi.)*

**A**

Premesso che per poter rispondere a quello che mi è stato chiesto, non terrò conto della frase scritta nella parentesi altrimenti non scriverei nulla. Gli obiettivi che mi prefiggerei di raggiungere con il mio futuro insegnamento di scienze sperimentali nella scuola media, potrebbero essere questi: fare acquisire un linguaggio appropriato (linguaggio scientifico); stimolare i ragazzi al ragionamento; trasmettere interesse per la materia (anche col solo modo di spiegare la materia un insegnante trasmette interesse, curiosità!); rendere "concreti" i concetti astratti mediante attività laboratoristica; e quindi avvicinare gli studenti alla pratica, alla manualità di attrezzature e quant'altro, presenti in un laboratorio; cercare interdisciplinarietà con le materie, di modo che non risultino a sé ma cercare collegamenti (ragionare!); stimolare la capacità degli studenti a "muoversi" tra le materie (collegamenti-ragionamento). P.S. la prossima volta sono dolori!!!!

**B**

Premetto che, come già espresso precedentemente, non ho ancora le idee molto chiare su come imposterò il mio lavoro di insegnante, né tantomeno su come farò a raggiungere gli obiettivi. Tutt'ora non sono ben delineati nella mia mente. Diciamo che ho tanti buoni propositi ma non ho ancora in mano gli strumenti per realizzarli. Per esempio mi piacerebbe infondere in loro un senso critico nel momento in cui affrontano la lettura di un testo, di un articolo scientifico e non, la visione di un documentario o il semplice ascolto delle notizie al telegiornale. Questo mi piacerebbe farlo ma mi rendo conto che nemmeno io, per ora, possiedo questa capacità e pessimisticamente credo che sia molto difficile acquisirla. Un altro aspetto che mi piacerebbe sviluppare negli studenti è la capacità di ragionare sulle cose, di non accettare per vera ogni cosa che l'insegnante (io, nel caso specifico) gli dirà; mi piacerebbe che si chiedessero il perché delle cose, dei fatti, insomma di sviluppare in loro una curiosità verso tutto quello che si trovano ad affrontare nell'ambito della scuola e fuori. Una cosa che mi pongo come obiettivo, ma questo è del tutto personale, è di "trasmettere" e suscitare in loro il rispetto e l'amore per l'ambiente, in particolar modo verso gli animali. Oltre a tutti questi buoni propositi, che non so bene come farò a realizzare, vorrei anche che i ragazzi uscissero dalla scuola media con qualche contenuto in testa, magari pochi concetti ma acquisiti in modo profondo e chiaro. Vorrei che da questi concetti partissero per gli approfondimenti futuri anche al di fuori dell'ambito scolastico.

**C**

Stimolare la curiosità degli studenti; trasmettere la mia passione verso questa materia; cercare sempre dei collegamenti con le altre materie (interdisciplinarietà); fare acquisire un linguaggio scientifico agli studenti; fare il maggior numero di collegamenti con la quotidianità; cercare sempre di farli ragionare e non abituarli mai al bieco nozionismo, (nella vita futura di tutti questi ragazzi non serviranno le definizioni a memoria); insegnare agli studenti la capacità di osservazione e la capacità critica autonoma.

**D**

Il primo obiettivo che mi prefiggerei è l'acquisizione da parte degli alunni di un linguaggio (prettamente) scientifico e allo stesso tempo insegnerei loro a comprenderlo. Un altro obiettivo è insegnare la materia, focalizzando l'attenzione sui nuclei fondanti della disciplina in modo tale che agli alunni rimangano i concetti chiave delle scienze. Credo che sia molto importante stimolare la curiosità dei ragazzi, per cui un altro obiettivo è proprio questo: interessarli durante la spiegazione; fare in modo che la lezione non sia solo teorica, ma pratica (possibilmente usando anche il laboratorio della scuola) così gli argomenti trattati rimangono più a lungo nella memoria degli alunni. Legato al punto precedente e all'aspetto "pratico" della disciplina ci sono i "riferimenti alla quotidianità": oltre a fare esperimenti o prove in classe e in laboratorio, è molto importante portare i ragazzi su campo e fare loro esempi che possono avere un riscontro nella realtà (come piccole, semplici e non pericolose prove che possono fare a casa).

**E**

Non ho ancora avuto modo di leggere i programmi di tutte e tre le classi di scuola media e quindi di farmi un'idea di quali siano i contenuti da trasmettere a studenti di 11-12-13 anni. Spero, pertanto, di non essere troppo banale, idealista o, ancor peggio, superficiale. Attraverso l'analisi di alcuni passaggi storici della biologia e della chimica, mi piacerebbe molto che i ragazzi capissero che le scienze sono in continua evoluzione. Nulla è certo per sempre. Capire come alcuni scienziati sono arrivati alle loro teorie, attraverso aneddoti ed esperimenti, può favorire comprensione e apprendimento. Mi piacerebbe molto stimolare negli studenti la curiosità, la voglia di approfondire. È un obiettivo difficile da raggiungere. Forse esperimenti e prove pratiche possono aiutare in questo senso. Partendo dalle loro osservazioni, far acquisire agli studenti, gradatamente, un linguaggio sempre più specifico.

**F**

Ritengo che un obiettivo dell'insegnamento delle scienze sperimentali nella scuola media possa essere "insegnare a ragionare", evitando che si limiti solamente a un "concentrato" di nozioni. Certamente alla fine dei tre anni dovranno essere compresi alcuni concetti fondamentali, i nuclei fondanti, e dovrà essere acquisito un linguaggio specifico, tipico della materia. Dovrebbe inoltre far nascere nei ragazzi la curiosità verso la materia, curiosità che è alla base dell'apprendimento.

**G**

"abituarli" i ragazzi ad osservare; mettere in grado di comprendere le basi del linguaggio scientifico; sviluppare il loro senso critico; fornire loro, quando possibile, metodi e strumenti applicabili anche in altri "contesti" (scientifici e non); metterli in grado di utilizzare i metodi e gli strumenti (di cui al punto precedente) in modo autonomo.

**H**

1. Avvio alla acquisizione dei nuclei fondanti della disciplina, grazie ai quali ogni allievo potrà formare un proprio bagaglio culturale da cui attingere anche autonomamente in futuro, per ampliare le proprie conoscenze
2. avvio all'acquisizione graduale di un linguaggio più specifico da parte degli allievi
3. avvio alla acquisizione da parte degli allievi di una capacità di ragionamento più scientifica
4. avvio all'acquisizione di una capacità critica più sensibile sia nei confronti del libro di testo, sia nei confronti degli input esterni in generale

## Speciale: la chimica nelle SSIS

### I

Vorrei stimolare la curiosità nel ragazzo in modo da suscitare in lui la voglia di capire e quindi di imparare. Vorrei poi che l'alunno riuscisse a comprendere (e non a ripetere mnemonicamente) almeno una parte di ciò che vorrei insegnargli. Solo la comprensione produce conoscenza! Un altro è riuscire a farlo ragionare e a farli collegare fra loro le informazioni loro fornite. Altri obiettivi sono: sviluppare la capacità all'osservazione, alla critica e l'utilizzo di un lessico adeguato.

### J

Con il mio insegnamento di scienze sperimentali nella scuola media mi prefiggerei di far acquisire ai ragazzi un linguaggio quanto più specifico possibile, in relazione alla materia proposta; sottolineare l'importanza dell'interdisciplinarietà delle scienze sperimentali (stimolando i collegamenti, da parte dei ragazzi, con le altre materie); far capire la differenza tra metodo induttivo e deduttivo nell'approccio della materia e le difficoltà legate a ciascuno di essi; suscitare la curiosità dei miei alunni con esempi, tratti dalla vita quotidiana, approfondimenti, tratti da altri testi o dal web e soprattutto esperimenti da effettuare in laboratorio o mediante l'utilizzo di software disponibili...; trasmettere loro la mia passione per le scienze in generale; o infine (ho messo questo punto per ultimo sono in ordine di importanza ma di difficoltà personale) cercare di far acquisire ai miei ragazzi l'autonomia sufficiente per potersi avvicinare con spirito critico a qualsiasi testo, quotidiano o notizia scientifica che comunemente incontreranno durante l'arco della loro vita; ...forse tutto questo è un po' presuntuoso da parte mia, ma bisogna porsi degli obiettivi alti per poi assestarsi su risultati almeno intermedi.

### K

Gli obiettivi che mi prefiggo di raggiungere sono di tre tipi:

1. trasmettere nozioni utili per il futuro scolastico e/o lavorativo dell'alunno
2. far sì che gli alunni acquisiscano gli strumenti necessari per poter avanzare autonomamente nel cammino del sapere
3. far acquisire agli alunni la consapevolezza che le conoscenze delle scienze sperimentali è fondamentale in ogni campo della vita, e che le conoscenze sono in continua evoluzione

### L

Far arrivare l'alunno a individuare i nodi concettuali della disciplina attraverso l'autocostruzione di una mappa concettuale che affronti i diversi contenuti sfruttando le diverse metodologie, mantenendo sempre presente il filo conduttore: evoluzione (complessità, necessità di organizzazione); circolazione di energia.

### M

Tra gli obiettivi disciplinari che mi pongo, almeno in teoria, nell'insegnamento delle scienze nella scuola media ci sono: l'arricchimento del lessico dei miei alunni con termini del linguaggio specifico, sul supporto del linguaggio naturale attraverso continui confronti, rimandi...; l'acquisizione del concetto di osservazione scientifica, attraverso esperienze proposte ma anche come "fil rouge" del percorso didattico che proporrò; la comprensione del metodo sperimentale, sempre attraverso esperienze guidate che prevedano formulazione di ipotesi e tentativi di verifica; l'abitudine al ragionamento logico; la capacità di cogliere ed eventualmente comprendere alcune fenomenologie a cui assistiamo nella vita di tutti i giorni.

### N

Gli obiettivi che mi prefiggerei di raggiungere attraverso il mio insegnamento delle scienze sperimentali sono: la capacità da parte dei miei alunni di esporre verbalmente e per iscritto le proprie osservazioni su esperimenti ed esperienze svolte in classe, nel modo più chiaro, corretto e comprensibile possibile; partendo dal linguaggio comune e dai termini da loro utilizzati, favorire la graduale acquisizione (e abitudine all'uso nelle scienze) di una terminologia specifica; stimolare le propria capacità di osservazione e capacità di osservazione critica e capacità di deduzione autonoma; acquisizione di concetti base nell'ambito delle scienze che servano come fondamento per approfondimenti e precisazioni nel prosieguo del loro cammino scolastico.

### O

Gli obiettivi che mi prefiggerei di raggiungere attraverso il mio insegnamento delle scienze sperimentali sono: la capacità da parte dei miei alunni di esporre verbalmente e per iscritto le proprie osservazioni su esperimenti ed esperienze svolte in classe, nel modo più chiaro, corretto e comprensibile possibile; partendo dal linguaggio comune e dai termini da loro utilizzati, favorire la graduale acquisizione (e abitudine all'uso nelle scienze) di una terminologia specifica; stimolare le propria capacità di osservazione e capacità di osservazione critica e capacità di deduzione autonoma; acquisizione di concetti base nell'ambito delle scienze che servano come fondamento per approfondimenti e precisazioni nel prosieguo del loro cammino scolastico.

### P

Avvio alla "curiosità di conoscere" in generale, cioè non solo riguardo le scienze, ma proprio come approccio alle "esperienze della vita". Avvio al metodo scientifico: come osservare, riuscire a confrontare, cercare di dedurre, essere critici e costruttivi, cercare nel quotidiano ciò che è argomento di studio. Avvio alla proprietà di linguaggio. Avvio all'acquisizione dei contenuti di base.

### Q

Acquisizione e uso di un linguaggio scientifico (adeguato all'età) e di una terminologia corretta; consapevolezza del significato di termini e definizioni e capacità di utilizzarli in diversi contesti; capacità interpretativa di un testo. Capacità critica di osservazione di semplici fenomeni naturali. Capacità di individuazione di problematiche o situazioni alternative nell'analisi di fenomeni naturali, situazioni sperimentali. Acquisire una visione complessiva dei fenomeni naturali basata su nodi concettuali portanti (regolazione dei sistemi, struttura gerarchica dei sistemi,...)

### R

Mi piacerebbe che gli alunni al termine di un percorso nella scienze (presumendo di poter seguire una classe dalla I alla III) avessero acquisito la capacità di esprimersi con un linguaggio scientifico "corretto", utilizzando nella loro esposizione i vocaboli appropriati. Naturalmente, oltre al linguaggio, i ragazzi dovrebbero avere memorizzato i concetti basilari dei vari argomenti trattati per poterne trarre spunti nel proseguimento degli studi. Vorrei anche che fossero in grado di vedere in banali fenomeni quotidiani un "lato" scientifico. Mi piacerebbe, e mi rendo conto che questo sia difficile per non dire ambizioso, suscitare in loro una certa passione per le scienze sperimentali o quanto meno una dose di curiosità sufficiente a motivare lo studio della materia.

### S

Il primo obiettivo che vorrei raggiungere è quello di non spegnere la curiosità innata dei bambini verso la natura e le scienze che la studiano; spesso la paura di non riuscire a capire, la noia di alcuni argomenti nozionistici spegne i ragazzi e li allontana verso materie che reputano più facili. Vorrei riuscire a stimolare il loro senso critico, a far sì che leggendo un articolo di giornale o un notiziario non accettino tutto passivamente, ma provino a chiedersi se effettivamente le cose siano state correttamente esposte. Fornire ai ragazzi i mezzi (strumentali e cognitivi) ed il linguaggio per poter approfondire un argomento nel momento in cui ne abbiamo bisogno. Qualora "dovessi" affrontare un argomento nozionistico o comunque da imparare a memoria, spiegarli sempre il fine e avvisarli del possibile scarso interesse che quell'argomento potrebbe suscitare. Vorrei che i ragazzi in casa avessero ancora la voglia di consultare altri testi cartacei o meno per indagare altri punti di vista, vorrei che avessero la voglia di saperne di più. Vorrei tutto questo anche se per ora non saprei come ottenerlo, confido nella SSIS!

## ALLEGATO 11

### LAVORO DI GRUPPO

- 32** Cercate di mettere a punto, confrontando le indicazioni emerse nei lavori individuali, un elenco condiviso degli obiettivi ritenuti più importanti per il vostro insegnamento di scienze sperimentali nella scuola media.  
Se non raggiungete un accordo su tutti gli obiettivi, sottolineate le divergenze

**GRUPPO U**

OBIETTIVI CONDIVISI UNANIMEMENTE:

1. STIMOLARE LA CURIOSITÀ mediante:
  - esempi tratti dalla vita quotidiana
  - approfondimenti (testi, web)
  - laboratorio e software didattico
2. ACQUISIZIONE DI UN METODO DI OSSERVAZIONE mediante "GRIGLIA" concordata
3. PASSAGGIO DAL LINGUAGGIO NATURALE AD UNO PIU' SCIENTIFICO possibile mediante confronto tra i due
4. SENSO CRITICO mediante formulazione di ipotesi e loro verifica
5. AUTONOMIA intesa come capacità di riapplicare il metodo acquisito in contesti diversi
6. COLLEGAMENTI

**GRUPPO W**

1. alla acquisizione graduale di un linguaggio scientifico adeguato, rendendo gli alunni consapevoli del significato dei termini utilizzati e permettendo loro di utilizzarli in contesti diversi
2. avvio alla acquisizione di ciò che si intende per nuclei fondanti (organizzazione dei sistemi, regolazione ed equilibrio, energia: flusso e trasformazione, variabilità,...) in modo che ogni allievo potrà formare un proprio "bagaglio culturale" da cui attingere anche autonomamente in futuro per ampliare le proprie conoscenze
3. avvio alla acquisizione di una capacità critica nell'osservazione, nella lettura di testi, di articoli, nella visione di documentari, nell'ascolto di telegiornali e in qualunque altro contesto.
4. collegato al senso critico: avvio allo sviluppo di capacità di ragionamento al fine di rielaborare i contenuti proposti senza assumerli passivamente
5. avvio alla acquisizione di una visione interdisciplinare degli argomenti.

**GRUPPO X**

- stimolare la curiosità degli studenti
- abituare i ragazzi ad una osservazione critica
- favorire il ragionamento attraverso la descrizione dei fenomeni
- far acquisire un linguaggio specifico tipico della materia
- cercando di fare collegamenti interdisciplinari ricostruire una visione globale della realtà
- comprensione e apprendimento dei concetti ritenuti fondamentali a seconda dell'argomento esaminato
- mettere in evidenza che le scienze sono in continua evoluzione: nulla è sempre dato per certo!

Questi punti sono stati tutti condivisi dal gruppo. Sostanzialmente non ci sono state divergenze. Questo lavoro è frutto dell'integrazione dei 4 lavori personali

**GRUPPO Y**

Un obiettivo condiviso emerso dalla nostra discussione è il linguaggio: partendo da un linguaggio naturale cercare di arricchirlo con termini scientifici e specializzarlo. Un altro obiettivo è la comprensione del metodo scientifico e la capacità di osservare in modo oggettivo per poi formulare criticamente delle ipotesi. Siamo anche d'accordo sull'importanza di far capire ai ragazzi che la conoscenza scientifica è in continua evoluzione. Fondamentale per noi è far apprendere agli alunni che la relazione tra scienze e realtà attraverso riferimenti alla quotidianità. Altro obiettivo condiviso è abituare i ragazzi al ragionamento logico. Restano problemi aperti: la questione dei contenuti come obiettivo e la valenza della curiosità.

**ALLEGATO 12****LAVORO INDIVIDUALE**

*Facendo riferimento al ruolo della definizione nel processo di insegnamento-apprendimento si è detto che potrebbe essere quello di fissare significati per dividerli.*

*In una visione costruttivista dell'apprendimento parlare di "fissare significati" può apparire fuori luogo. Occorre, pertanto, sottolineare che questa espressione non si intende far corrispondere a quella di "significato fisso". Non si vuole, infatti, affermare che le definizioni sono acontestuali, atemporali e universali. Debbono invece essere concepite in continua evoluzione e strettamente dipendenti dall'enciclopedia posseduta da chi le formula. Ma enunciarle in una determinata situazione didattica dopo averle negoziate con i propri compagni le rende strumenti fondamentali di crescita culturale autonoma. In uno studio collaborativo e costruttivo, fissare le parole, di tanto in tanto, le conclusioni cui si è giunti, i concetti emersi favorisce la riflessione, l'esplicitazione delle differenti esperienze, stimola la discussione, le inferenze e conseguentemente l'evoluzione stessa dei significati. In una situazione didattica opportunamente guidata questo approccio potrebbe essere considerato particolarmente adatto come percorso di costruzione progressiva della conoscenza.*

***In questo brano si fa riferimento ad un approccio didattico che sembra non prevedere "la spiegazione dell'insegnante". Come ti immagini che potrebbe essere realizzata l'attività in classe adottandolo?***

**A.**

Si potrebbe adottare? L'unica cosa che mi viene in mente è attività di gruppo in cui, però, l'insegnante "guida" ossia indirizza la discussione tra gli studenti ad esempio proponendo argomenti, ponendo dei limiti alla discussione. Quindi gli studenti di ogni gruppo discutono (aspetti condivisi e non), scrivono le conclusioni e poi ogni gruppo si confronta per arrivare ad una conclusione condivisa rilevando anche i pareri discordanti. In questa esperienza, però, l'insegnante deve essere vigile sugli studenti, più che altro sulla disciplina degli studenti stessi. Perché e per quello che ho imparato in questo corso, l'esperienza di gruppo aiuta a confrontarsi con gli altri (quindi accettare le critiche), ad abituarsi a rispondere agli altri (alle critiche e non), a ragionare sugli argomenti, a spronare la persona timida ad intervenire alla discussione, a fare partecipare la persona più asociale della classe (perché non interessato, perché non gli importa niente e quant'altro)) a stimolare curiosità, a relazionare con gli altri... Sicuramente la personalità (costruzione "dell'io") dello studente sarà arricchita, cambiata, migliorata, le conoscenze verranno ampliate, si dovrebbe acquisire capacità critica verso se stessi e gli altri. Sull'acquisire uno specifico linguaggio ho dei dubbi...

**B.**

Mi sembra di essere ripetitiva nel dire che allo stato attuale non possiedo gli strumenti per dare l'avvio ad un processo di insegnamento/apprendimento costruttivo. Ho però dei buoni propositi e alcune idee su come attuarlo, almeno in alcuni ambiti. Nel II anno potrebbe essere divertente per i ragazzi, utilizzando gli strumenti adatti (carta, colla, forbici, das, tubetti di plastica...) provare a costruire un modellino umano composto da tutti gli organi interni. Questo compito li farebbe meditare su diversi aspetti quali le proporzioni fra le diverse parti del corpo, la necessità di un collegamento fra queste parti, la simmetria e l'asimmetria nel corpo umano. Discutendo fra loro e collaborando forse riuscirebbero a mettere le varie parti al posto giusto, sicuramente molte le dimenticherebbero e in tal caso l'insegnante potrebbe intervenire facendoli ragionare sull'impor-

tanza o meno di un determinato organo. A lavoro ultimato (utopia!) sarebbe divertente chiedere loro quali parti si potrebbero asportare senza provocare danni all'organismo e quali altre invece sono indispensabili per la vita dell'uomo. Un tale tipo di lavoro forse non permette di trattare nei dettagli tutta l'anatomia del corpo umano ma darebbe loro una visione molto reale di come è organizzato e suddiviso. Mi piacerebbe anche proporli qualche elemento di anatomia comparata, anche se su questo tema non so ancora come procedere, data la mia assoluta opposizione alle sezioni di parti animali che a volte si eseguono nei laboratori della scuola media. Durante il III anno in cui si studia scienze della Terra, mi piacerebbe portarli fuori, sul campo, fargli osservare una collina, un fiume, una falesia, un lago ecc e chiedere come, secondo loro, si sono formati, il perché e qual è il loro destino. Gli farei toccare con mano rocce diverse e chiederei loro quali differenze riescono a trovare, il perché sono diverse, arrivando così a capire che sono diverse proprio perché si sono formate in ambienti e momenti diversi! Infine mi piacerebbe portarli allo zoo, all'acquario, al circo e in tutti quei "bei" posti dove si vedono gli animali, e poi gli chiederei "quelli che avete visto, siete sicuri che fossero animali?" Gli farei vedere poi alcune immagini di come vengono uccisi gli animali da pelliccia o di come sono allevati gli animali di cui poi ci nutriamo. Mi rendo conto che, secondo qualcuno, potrebbe essere esagerato, ma mi piacerebbe molto se i miei studenti si costruissero una personale e consapevole visione del mondo che ci circonda. Utopisticamente parlando mi sentirei molto soddisfatta se riuscissi a far conoscere, e perché no, anche ad amare un po' di più gli animali.

C.

Un esempio di approccio didattico potrebbe essere quello di introdurre un argomento di scienze. L'insegnante entra in classe e pone un quesito a riguardo dell'argomento da trattare. Alla domanda tutti gli studenti cercano di trovare una soluzione che comunicano al docente per iscritto. L'insegnante a questo punto prende nota sulla lavagna di tutte le risposte. Finito di scrivere i ragazzi analizzano ogni singola frase scritta alla lavagna e cercano di commentarla. Arrivati a una possibile conclusione l'insegnante procede all'avvio di un esperimento in laboratorio. Qui gli studenti partecipano attivamente all'esperienza: vengono suddivisi in gruppi di 4 o 5 persone e ciascun gruppo procede all'esecuzione dello stesso esperimento. Una volta conclusa l'esperienza i ragazzi prendono nota di quanto è emerso dall'esperimento stesso. In una seconda fase confrontano questi dati con quelli precedentemente scritti assieme all'insegnante e discutono su quale citazione si sia avvicinata di più alla realtà dell'esperimento. Alla fine di tutto ciò l'insegnante riassume quanto è emerso da tutta la lezione (o più lezioni a seconda dell'argomento trattato) e introduce i termini scientifici adatti a spiegare l'argomento trattato e le esperienze fatte in laboratorio. In questo modo i ragazzi hanno fornito una spiegazione generica dei concetti. A questo punto interviene l'insegnante che fornirà loro una terminologia adatta a descrivere i contenuti emersi dagli studenti al fine di trasformare il loro linguaggio naturale in un linguaggio più specifico.

D.

Anche se non ho mai insegnato, penso che la differenza i due approcci didattici (con spiegazione o senza) dipenda dall'esperienza dell'insegnante: chi usa la spiegazione è un insegnante all'inizio, viceversa nel secondo caso. Immaginando me insegnante, alle prime armi, nello svolgere un'attività in classe userei molto la spiegazione. Molto probabilmente non starei seduta alla cattedra (evitando la classica lezione frontale), ma girerei tra i banchi cercando di interagire con gli alunni. Il rischio di questo tipo di approccio potrebbe essere quello di inibire gli interventi dei ragazzi, di abbassare la motivazione e conseguentemente il loro apprendimento (quante volte da alunna ho subito lezioni di questo tipo di cui non mi è rimasto nulla!). Per evitare che accada questo farei partecipare gli alunni durante l'attività; farei loro delle domande, ovviamente, permettendoli loro di farne a me, arricchendo così la spiegazione in atto. Inoltre non svolgerei mai un'attività con spiegazione che fosse "ripetizione a pappagallo" delle cose studiate la sera prima a casa, ma cercherei di far arrivare i ragazzi alla comprensione dell'argomento tramite il ragionamento, usando la spiegazione per arricchire l'argomento stesso. Una cosa che non farei è la lettura del libro in classe, al posto della spiegazione del docente: penso che con la semplice lettura rimanga ben poco agli alunni. Proprio perché cercherei di non svolgere lezioni frontali, non vorrei che i ragazzi ripetessero a memoria frasi dette da me o dal libro, ma il mio scopo sarebbe quello che i ragazzi acquisissero concetti ben definiti tramite lavori pratici e laboratorio.

E.

Non avendo esperienza di insegnamento continuativo in classi di scuole medie e sulla base della mia esperienza vissuta di studente, faccio molta fatica ad immaginare un approccio didattico che non preveda "la spiegazione dell'insegnante". Nell'ambito delle scienze sperimentali e limitatamente ad alcuni argomenti, è probabile che un tale metodo si possa applicare con successo, ma solo da parte di insegnanti preparati, disponibili a rimettersi in gioco e con anni di esperienza alle spalle. Dovendo rispondere alla sua domanda, posso immaginare che un'attività svolta in classe utilizzando questo metodo possa articolarsi secondo le seguenti fasi: esperienza pratica (di laboratorio, escursione sul territorio...etc); osservazione guidata dell'esperienza; relazione descrittiva individuale di quanto osservato (che conterrà parole, concetti e conclusioni scritte nel linguaggio naturale); divisi in piccoli gruppi (4-5 studenti al massimo), tramite discussioni, realizzare un lavoro comune che descriva l'esperimento osservato; l'insegnante che fino ad ora ha svolto il ruolo di "facilitatore" (è stato il regista occulto dell'intero lavoro ed è intervenuto solo in caso di conflitti che non si risolvessero da soli), trae le conclusioni sulla base di quanto scritto dai ragazzi in comune e sostituisce con termini specifici le parole (concetti) conclusioni che i ragazzi hanno scritto utilizzando il linguaggio naturale. Questo lavoro finale è svolto insieme agli studenti e può portare alla stesura di un lavoro globale che tenga conto del contributo di tutti i gruppi.

F.

Ritengo che un obiettivo dell'insegnamento delle scienze sperimentali nella scuola media possa essere "insegnare a ragionare", evitando che si limiti solamente a un "concentrato" di nozioni. Certamente alla fine dei tre anni dovranno essere compresi alcuni concetti fondamentali, i nuclei fondanti, e dovrà essere acquisito un linguaggio specifico, tipico della materia. Dovrebbe inoltre far nascere nei ragazzi la curiosità verso la materia, curiosità che è alla base dell'apprendimento.

G.

Non è facile riuscire ad immaginare come realizzare tale attività in classe, soprattutto in ragione del fatto che, a mio parere, la situazione didattica dovrebbe essere "opportunamente guidata" in relazione alle "risposte" degli studenti. Comunque, cercando di definire a grandi linee le "tappe" di un'attività finalizzata per esempio alla condivisione di significati, credo che procederei, più o meno, in questo modo: innanzi tutto non partirei mai da "significati" avulsi da una situazione didattica ben precisa (come del resto già espresso nel testo); lascerei spazio ad una riflessione ad una riflessione individuale al fine di permettere ad ognuno di concretizzare le proprie "convinzioni" (per iscritto con "due righe", uno schema...); procederei poi "organizzando" uno scambio di opinioni che dovrebbe andare nella direzione di una costruzione di conoscenze a partire dalla collaborazione; infine cercherei di ottenere una "conclusione" dell'attività (magari solo momentanea, si potrebbero riprendere certi significati alla luce di nuove conoscenze anche nel procedere del percorso scolastico...) creando i presupposti per condividere il "significato" (ma si auspicherebbero "i significati") emersi dai diversi momenti affrontati in una discussione che coinvolga tutta la classe. In questo modo i ragazzi sarebbero comunque liberi di costruire le loro conoscenze, l'insegnante si limiterebbe a guidare la loro attività attraverso le varie fasi, ma senza interferenze. Non so sinceramente a cosa potrebbe portare un'attività organizzata in questo modo... sicuramente lasciare i ragazzi liberi di collaborare e apprendere senza il riferimento "fisso" dell'insegnante potrebbe permettere un grado più alto di comprensione.

H.

1. si potrebbe proporre agli studenti di scrivere, individualmente e ciascuno sul proprio foglio, una serie di termini o di frasi che si potrebbero associare al concetto da definire
2. dopo questa prima fase si potrebbe passare ad una fase di confronto collettivo (a piccoli gruppi poi generale nel gruppo classe) che consenta, oltre tutto, all'insegnante di poter visualizzare gli eventuali misconcetti presenti fra i propri allievi. Questa fase di confronto potrebbe portare alla costruzione della definizione corretta del concetto, che in tal modo, potrebbe essere espresso attraverso un linguaggio il più vicino possibile agli studenti e, quindi, risultare assimilabile e comprensibile. La costruzione della definizione corretta potrebbe essere effettuata con la mediazione dell'insegnante, focalizzando l'attenzione sui termini o frasi più attinenti al concetto di partenza, correggendo e modificando i misconcetti.

3. questa correzione potrebbe essere collocata in una terza fase in cui si potrebbe stimolare collettivamente gli studenti a modificare i termini o le frasi associati in modo inappropriato
4. in ultimo, una volta costruita la definizione più adeguata al contesto, potrebbe essere utile far scrivere ogni studente sul proprio quaderno, accanto alle soggettive associazioni iniziali, il risultato finale del lavoro collettivo in modo da stimolare il confronto con il proprio "punto di partenza". Questo ritengo che possa contribuire ad una maggiore riflessione da parte dello studente. Questa attività si potrebbe diluire in più lezioni.

**I.**

Per chi si accosta per la prima volta alla materia il nome può non avere nulla di significativo! Dopo aver scelto un argomento accessibile allo studente e che si a il meno possibile teorico, per esempio legato alla vita quotidiana e che quindi gli permetta di interagire il più possibile con la realtà, gli studenti possono individuare un certo numero di concetti, di parole individualmente o in piccoli gruppi. Dopodiché si può lasciare spazio ad una discussione generale. Quindi l'insegnante potrebbe fare una lista delle differenze individuate e partire da questo elenco per fare riflettere sulle variabili individuate e mettere in evidenza come alcune caratteristiche possano variare a piacere, mentre altre legate alla funzione no. Alla fine si arriva alla condivisione di una unica definizione che comprende tutti gli aspetti osservati. In questo modo l'individuo non subisce, ma costruisce l'intervento rivestendo un ruolo attivo di coinvolgente partecipazione.

**J.**

Nel brano proposto è previsto un ruolo attivo dello studente che da passivo ascoltatore delle nozioni fornite dal docente (didattica tradizionale) diventa egli stesso promotore di ipotesi e di metodi. Ovviamente in questa visione costruttivista, a mio parere, non si può trascurare la funzione dell'insegnante che si deve fare coordinatore del lavoro dei ragazzi. Se dovessi realizzare in classe un'attività di questo tipo (in realtà ci ho già provato nell'insegnamento di alcuni argomenti di matematica) dapprima fornirei ai ragazzi l'argomento della discussione e li farei intervenire singolarmente (a voce o per iscritto); quindi formerei dei gruppi e chiederei le idee condivise e quelle no e le scriverei alla lavagna. Se emerge qualcosa di comune a tutti i gruppi si potrebbe partire da lì per far loro formulare una definizione: facendo capire in questo contesto l'importanza del linguaggio. I ragazzi devono innanzi tutto capire se è necessaria o meno una definizione e quali siano i pro e i contro. Allo stesso modo, dal confronto delle idee dei vari gruppi, possono essere evinti i concetti ritenuti fondamentali dai ragazzi sull'argomento. Tali concetti potrebbero costituire la base per la costruzione di una mappa concettuale. Questo modo per affrontare le scienze è sicuramente utile per i ragazzi, in quanto sono partecipanti attivi nella costruzione della loro conoscenza.

**K.**

Un particolare argomento potrebbe essere "approcciato" tramite una serie di discussioni in classe fra gli stessi alunni. Io mi immagino una prima fase in cui ciascun alunno è chiamato ad esporre le proprie idee sull'argomento (fase individuale). Il docente, alla luce delle considerazioni espresse potrebbe formare dei gruppi di allievi, cercando di aggregare elementi che dimostrino punti di vista "simili". Nell'ambito dei gruppi (interna) dovrebbe poi avvenire una discussione finalizzata a "fissare le conclusioni". Molto probabilmente si risconteranno "significative" differenze fra le conclusioni dei vari gruppi. In una successiva discussione ogni gruppo potrebbe confrontare le proprie idee con quelle degli altri onde "fissare una conclusione generale". Ovviamente non si riuscirà a trovare una conclusione condivisa completamente da tutti. A questo punto inizierei una nuova discussione "di classe" (senza più considerare i gruppi) finalizzata a fissare una conclusione "provvisoria" condivisa dal maggior numero possibile dei presenti. Ulteriori approfondimenti tramite testi o web, potrebbero portare a conclusioni diverse o meglio "evolute".

**L.**

1. fissare un contenuto da parte dell'insegnante
2. comunicare l'argomento, chiedere un'attività di ricerca
3. fornire eventuale altro materiale
4. organizzare la discussione a gruppi:
  - a. confrontare il materiale
  - b. discuterlo
  - c. scegliere: forma; contenuto: obiettivi condivisi, divergenze

**M.**

L'approccio didattico che viene descritto in questo brano è senza dubbio un approccio in cui l'alunno è protagonista, ma ciò non esclude che anche in questo caso l'insegnante detenga un ruolo FONDAMENTALE nel processo di insegnamento-apprendimento. Il processo di negoziazione che porterà alla condivisione di significati non è di così semplice gestione! Nel tentare di immaginare come l'attività potrebbe essere realizzata in classe, praticamente, mi trovo ad essere molto influenzata da ciò che mi sono figurata durante l'esposizione della scorsa lezione, riguardante gli ASPETTI DESIGNATIVI del LINGUAGGIO. In quel caso credo che l'obiettivo dell'attività proposta a titolo di esempio fosse proprio far capire ai ragazzi l'esigenza di comprendere i significati, piuttosto che accontentarsi di riconoscere termini già ascoltati. La ricerca della corrispondenza tra significato e significato partiva mettendo sulla cattedra diversi bicchieri e chiedendo di individuare singolarmente le differenze tra di essi, per poi dividerle all'interno dei gruppi e passare successivamente alla fase a mio avviso più cruciale: quella delle riflessioni sulle VARIABILI INDIVIDUATE e sulla possibilità di queste di variare in un determinato modo piuttosto che in un altro. (il passo successivo era la riflessione sulla FUNZIONE...) Lavorare in questo modo in classe presuppone, per ottenere risultati efficaci, alcuni aspetti di non secondaria importanza:

1. a mio parere bisogna, parallelamente al percorso disciplinare, lavorare con i ragazzi in modo da far loro sviluppare gradualmente alcune "abilità sociali" (es. intervenire con ordine, parlare sottovoce nei gruppi, avere voglia di dare il proprio contributo ecc...) e quindi porci anche questo tipo di obiettivi.
2. essere in grado di gestire il processo FACILITANDOLO, senza però, nello stesso tempo, "usurpare" il ruolo attivo degli alunni
3. trovare i contenuti più adatti per questo "studio collaborativo e costruttivo"

Fissare parole e conclusioni mano a mano emerse favorisce la riflessione perché permette di trarre le fila del discorso. Ciò è utile, per altro, anche nel caso di una lezione "tradizionale", ma diventa necessario se il "discorso" è co-costruito attraverso i diversi apporti...

Per passare realmente al piano pratico non credo assolutamente che si tratti di disporre i banchi in un modo piuttosto che in un altro o di utilizzare i cartelloni piuttosto che la lavagna. Credo che si tratti di riabituarci i ragazzi ad usare la loro testa, e fare errori e trovarsi in difficoltà per poi costruire sull'errore senza tante paure, a considerare importante il proprio contributo.

**N.**

È una situazione che non ho mai vissuto né osservato per cui mi risulta molto difficile immaginare un contesto simile, per quanto io ritenga che, almeno nelle scienze sperimentali, sarebbe molto utile per i ragazzi "costruire" la propria conoscenza passo passo, confrontandosi con i compagni. Se sceglissi di utilizzare questo approccio didattico, credo che mi porrei come osservatore e guida esterna, vigilando che i ragazzi non commettano troppe inesattezze o che comunque si dirigano verso un percorso sbagliato. In realtà credo che una spiegazione almeno iniziale dell'insegnante sia necessaria, che segua una scelta "pensata", tipo un'introduzione a un esperimento, o a un fenomeno fisico, fornire del materiale su cui i ragazzi possano lavorare, dopodiché lascerei liberi i ragazzi e aspetterei che essi tirassero le fila di quanto detto, si confrontassero soprattutto su opinioni non condivise e convergessero verso una probabile legge (definissero le possibili variabili in gioco). Trovo molto carina l'idea delle definizioni "in evoluzione", nel senso che è bello "inculcare" nei ragazzi la voglia di migliorare, di perfezionarsi nella conoscenza, nell'uso del linguaggio e nell'esplorazione di un fenomeno. Ed è senz'altro essenziale il confronto tra di essi, la scoperta di nuovi punti di vista, per "allargare" la mente, per cui è questa un'altra situazione che di sicuro stimolerei molto, magari dividendo i ragazzi a gruppi. In questa visione, è però opportuno non esagerare, in quanto i ragazzi, soprattutto nell'adolescenza, hanno bisogno di punti fermi e un approccio troppo "costruttivista" rischia di mandarli in confusione e di renderli poco rigorosi. Quello che più di tutto vorrei stimolare è la capacità di non prendere tutto per certo e scontato e anche la

## Speciale: la chimica nelle SSIS

capacità di sapersi mettere in discussione. Cercherei comunque di curare molto anche il risultato “finale” cui giungono i ragazzi, in modo da evitare troppe dispersioni e assicurando, nei limiti del possibile, una convergenza. Mi sembra importante sottolineare che un approccio di questo tipo richiede un dispendio di energia e di preparazione immane da parte dell’insegnante.

**O.**

Per quanto riguarda l’insegnamento delle scienze un approccio didattico che non preveda “la spiegazione dell’insegnante”, potrebbe consistere nel partire da un’esperienza concreta (un esperimento) da svolgersi in classe singolarmente dagli studenti o, se questo non fosse possibile, solo dall’insegnante e mirata a evidenziare concetti che il docente ritiene fondamentali. Mentre viene svolta l’esperienza, chiederai agli studenti di osservare e commentare quello che vedono in modo da discutere sia fra loro che con l’insegnante. Si potrebbero scrivere alla lavagna le parole (anche sinonimi) più significative, usate dagli studenti per descrivere un dato fenomeno (che noi riteniamo importante) ed emerse nel corso dell’esperimento. Al termine dell’esperienza gli studenti a gruppi o singolarmente potrebbero scrivere alla lavagna le parole del linguaggio comune usate dagli studenti per descrivere i fenomeni che si ritengono importanti e che dovevano emergere dall’esperienza, suggerendo il termine specifico più corretto. Lo scopo finale sarebbe quello di creare con gli studenti un elaborato che contenga le osservazioni più dettagliate possibili inerenti l’esperimento e almeno alcuni termini specifici del linguaggio scientifico più corretti di quelli del linguaggio comune utilizzati inizialmente dagli studenti.

**P.**

Domanda: cosa sanno i ragazzi riguardo l’argomento?

Risposta: ogni ragazzo espone la propria idea. Si confrontano le idee uscite a piccoli gruppi o con la classe, se non sono chiare a tutti, i ragazzi possono esporre la propria in maniera più approfondita. L’insegnante sottolinea i pareri più o meno simili usciti e li raccoglie su un cartellone, mentre i ragazzi li segnano sul quaderno. L’insegnante mette a disposizione degli alunni o chiede loro di portare da casa il materiale per poter osservare l’argomento trattato.

Prima dell’esperimento

Domanda: quali comportamenti ci aspettano? Cosa possiamo fare con questi oggetti in riferimento all’argomento di cui stiamo parlando?

Risposte libere.... Annotiamole!

Domanda: cosa fareste con ciò che avete in mano? Se fattibile, facciamolo. L’insegnante propone anche la sua idea. Ad esperimento avvenuto. Cosa è successo che ci aspettavamo e che cosa che non ci aspettavamo? Confrontiamo con quanto scritto precedentemente. Quello che avevamo pensato e scritto sul cartellone può essere cambiato da quanto abbiamo visto? Esistono parole appropriate per definire i concetti? Leggete quanto dice il libro a riguardo e discutiamo insieme su cosa non concordate o quali parole non capite. Una volta d’accordo, riscriviamo quanto pensiamo riguardo all’argomento.

**Q.**

Un approccio didattico che non preveda la spiegazione dell’insegnante potrebbe essere avviato con l’osservazione da parte degli studenti di un determinato fenomeno, situazione, materiale (scelto dall’insegnante in funzione della concettualizzazione del contenuto che si vuole raggiungere) e con la stimolazione a riflettere sulle caratteristiche, proprietà funzionali e non, di ciò che è oggetto dell’osservazione. L’osservazione può essere individuale e seguita da una fase di discussione collettiva in piccoli gruppi in cui gli studenti dovrebbero confrontare, condividere le osservazioni individuali e trarre delle conclusioni (ad es. un abbozzo di definizione di un fenomeno sulla base delle caratteristiche e proprietà peculiari evidenziate). In queste fasi l’insegnante dovrebbe intervenire come guida per avviare gli studenti nella direzione più costruttiva, dando suggerimenti opportuni, consigliando la riflessione su aspetti significativi che vengono trascurati dagli studenti, ponendo delle domande. Se in una fase successiva di discussione collettiva di tutta la classe con l’insegnante, le conclusioni del lavoro dei gruppi vengono confrontate, analizzate allo scopo di trarre una definizione significativa delle conclusioni critiche su ciò che è stato osservato. La definizione elaborata in questo contesto potrà successivamente essere utilizzata in una seguente osservazione (da un fenomeno, oggetto... diverso dal precedente, ma in qualche modo, per esempio in uno o più aspetti funzionali, connesso con esso) come punto di partenza per elaborare nuovi significati che possono condurre ad una nuova interpretazione e rielaborazione della definizione stessa.

**R.**

Probabilmente questo tipo di approccio porterebbe ad un percorso di costruzione della conoscenza, in quanto ciascuno, dovendo esprimere la sua propria idea sulla definizione in questione, per negoziarla in seguito con i compagni, sarebbe “costretto” a riflettere e ad elaborare una propria riflessione. In questo modo, invece di trovare definizioni belle pronte già “confezionate” sul libro di testo gli alunni le farebbero proprie in maggior misura rispetto ad uno studio individuale di libro e appunti. Da qui alla realizzazione in classe il passo non è breve secondo me, soprattutto in una scuola media. Forse si potrebbe iniziare cercando di dare una definizione di concetti semplici e universalmente conosciuti, per dare la possibilità agli alunni di prendere confidenza con un approccio metodologico del tutto nuovo. Da queste prime definizioni elementari si potrebbe poi cercare di arrivare gradualmente a concetti inerenti le scienze, ma sempre cominciando da pochi concetti che tutti, anche se ognuno a suo modo, dovrebbero avere già dalla scuola elementare. Man mano che si progredisce con questo metodo, non vedo però come si possa fare a meno della spiegazione dell’insegnante per capire concetti di cui gli alunni potrebbero non avere la minima idea. Forse si potrebbe iniziare in questo caso con un’indicazione da parte dell’insegnante su ciò che si farà e un invito a procurarsi del materiale su cui discutere.

**S.**

L’attività in classe potrebbe essere organizzata in questo modo: fissato l’argomento (direi da parte dell’insegnante) attraverso una discussione collettiva verrà chiesto ai ragazzi quali aspetti più li interessino o stimolino la loro curiosità. Ancora meglio sarebbe farli scrivere in modo da non inibire i più timidi. Tutti i suggerimenti verranno elencati alla lavagna, in modo da stilare una specie di classifica degli aspetti più apprezzati dalla classe. Una volta individuati i 5-6 aspetti che più interessano, la classe verrà divisa in piccoli gruppi, in numero uguale agli aspetti individuati, e ad ogni gruppo verrà chiesto di raccogliere, condividere e discutere sul maggior numero possibile di informazioni su uno degli aspetti. In questo modo in ogni gruppo tutti i ragazzi diverranno esperti di quello specifico aspetto. Nella fase successiva i gruppi verranno sciolti e se ne formeranno altri in modo che in ogni gruppo ci sia uno specialista di ogni diverso aspetto. I nuovi gruppi dovranno lavorare per sviluppare l’intero argomento scelto, sfruttando le competenze acquisite in ogni diverso aspetto dai suoi componenti. In questo modo i ragazzi saranno docenti/discenti degli altri compagni attraverso il confronto tra pari, in un clima amichevole e favorevole all’apprendimento in cui i concetti potranno essere fissati nella mente dei ragazzi in modo più significativo. Al docente resta il ruolo di tutor, facilitando il lavoro del gruppo a creare un lavoro globale. Bello, bellissimo ma mi chiedo se è davvero possibile. È possibile far lavorare dei ragazzi italiani in questo modo? Ragazzi stimolati all’individualismo e alla rivalità fin dalla scuola materna possono collaborare, creare un clima amichevole in cui ciascun elemento del gruppo si senta libero di esprimersi, sono in grado di affidarsi al gruppo?.

---

### ALLEGATO 13

#### LAVORO DI GRUPPO

*Vi si chiede di confrontare i punti di vista personali in merito a come potrebbe essere realizzata l’attività in classe adottando un approccio didattico che non preveda “la spiegazione dell’insegnante”.*

*Alla fine della discussione dovrete riassumere i punti condivisi e quelli non condivisi.*

## 36 GRUPPO U

Il gruppo condivide l’idea di applicare un approccio didattico che “non preveda “la spiegazione dell’insegnante” impostato nel modo seguente:  
- scelta di un argomento funzionale all’obiettivo che si vuole raggiungere e che abbia riscontri nella quotidianità degli studenti

- osservazione guidata sull'argomento scelto (esperienza pratica, fenomeno naturale, oggetti...)
- riflessione individuale scritta in cui lo studente descriva nel linguaggio naturale le caratteristiche, proprietà, aspetti funzionali di quello che è stato osservato
- divisione in piccoli gruppi e discussione delle osservazioni individuali allo scopo di trarre conclusioni comuni e definire l'oggetto dell'osservazione.
- discussione collettiva sui lavori svolti dai gruppi con l'intervento dell'insegnante che evidenzia i punti in comune e non tra le definizioni emerse
- l'insegnante sostituisce i termini comuni utilizzati dagli alunni con un linguaggio specifico adeguato all'età e alle capacità dei ragazzi
- formulazione di una definizione condivisa che comprenda le caratteristiche, proprietà, aspetti funzionali di quello che è stato osservato.

La definizione così elaborata sarà suscettibile di ulteriori ampliamenti, integrazioni e collegamenti sulla base di esperienze (osservazioni future e acquisizione di nuovi contenuti).

#### GRUPPO W

Alla fine della discussione si è condivisa l'opportunità di svolgere l'attività didattica adottando le seguenti fasi:

- FASE PRIMA: dopo aver proposto l'argomento della discussione si raccolgono i contributi individuali (orali o scritti) e li si riporta sulla lavagna
- FASE SECONDA: si formano dei gruppi secondo criteri di omogeneità. All'interno di ciascun gruppo si invoglia una fase di discussione finalizzata al raggiungimento di una conclusione condivisa.
- FASE TERZA: si attiva un confronto tra i vari gruppi che espongono le rispettive conclusioni per poter pervenire ad una definizione generalmente accettata. Ovviamente questa è una definizione espressa mediante un linguaggio che realizza la "descrizione generica" dell'argomento.
- FASE QUARTA: la definizione provvisoria ottenuta nella terza fase verrà ulteriormente approfondita, singolarmente o collettivamente, dagli studenti stessi mediante l'utilizzo di testi, siti web, enciclopedie, consigliati dall'insegnante
- FASE QUINTA: grazie ai contributi ottenuti nella fase precedente si può passare ad una formulazione della definizione dell'argomento più evoluta, per mezzo di un linguaggio più specifico
- FASE SESTA: attraverso il confronto della definizione finale con quelle individuali iniziali i discenti saranno chiamati ad una fase di riflessione sul percorso evolutivo della propria conoscenza. La durata complessiva dell'attività didattica può variare ovviamente sulla base di alcuni fattori, quali: complessità dell'argomento trattato, livello di preconcoscenze e componente socio-emozionale della classe. Il ruolo dell'insegnante dovrebbe essere quello di regista e mediatore. Egli inoltre deve mettere in evidenza gli eventuali misconcetti e successivamente modificarli.

#### GRUPPO X

- scelta del contenuto "adeguato"
- progettazione minuziosa e particolareggiata dell'attività in classe
- consapevolezza del ruolo di co-protagonisti, mediatori, guide,....
- creazione dei presupposti necessari ad uno studio collaborativi e costruttivo
- coraggio di osare un approccio non "tradizionale" in pratica o quasi:
  - presentazione dell'attività e di eventuali materiali senza esplicitare del tutto i nostri obiettivi didattici
  - fase "libera" di lavoro individuale che preveda preferibilmente la produzione di un elaborato scritto
  - fase di confronto in piccoli gruppi e/o con l'intero gruppo classe sotto la guida dell'insegnante
  - esplicitazione dei risultati condivisi e non condivisi emersi dal confronto del gruppo classe
  - discussione delle motivazioni e delle finalità del lavoro svolto.

#### GRUPPO Y

Ci teniamo innanzitutto a precisare che siamo un po' perplessi su come riuscire a progettare un'attività didattica di questo tipo senza possedere alcuna esperienza d'insegnamento... Nonostante questo cercheremo comunque di definire a grandi linee come potremmo sfruttare un approccio didattico che non preveda la spiegazione dell'insegnante. Ci siamo confrontati molto sulla proposta di far lavorare gli studenti in gruppo ma ci siamo resi conto che un tale tipo di lavoro risulta difficile persino a livello adulto e forse improponibile a livello di scuola media. Questa difficoltà nasce dalla scarsa abitudine a collaborare, a condividere opinioni e conoscenze. Nonostante queste "demoralizzanti" premesse abbiamo comunque elaborato un abbozzo di quello che potrebbe essere il nostro intervento didattico:

- l'argomento dovrebbe essere proposto dal docente, almeno per quanto riguarda le linee generali, per evitare una eccessiva dispersione che provochi l'insoddisfazione di una parte della classe
- la prima fase dovrebbe prevedere un lavoro individuale in cui ogni ragazzo raccolga le proprie idee e le concretizzi per scritto (attraverso schemi, grafici, elaborati, disegni,...)
- a questa fase segue un momento di confronto in cui gli alunni esprimono e condividono le loro idee
- dovrebbe seguire una fase di gruppo in cui secondo Roggero tutti i gruppi dovrebbero affrontare l'intero argomento, secondo le altre sarebbe più utile suddividere l'argomento generale in sottoargomenti che ogni gruppo dovrà approfondire
- condivisione dei risultati gestita: secondo Roggero dall'insegnante che raccoglie i vari contributi e ne evidenzia gli aspetti che ritiene più "utili", secondo le altre: principalmente dai ragazzi attraverso la metodologia ritenuta più adatta a seconda delle situazioni (discussione, integrazione degli elaborati,...)
- ultima condivisione dei risultati ottenuti e rivisitazione in chiave critica (svolto da tutta la classe).

*Durante l'elaborazione di questo schema ci siamo sentiti pervadere da un profondo senso di prostrazione dovuto a tanti fattori:*

- difficoltà di lavorare in gruppo
- difficoltà nell'immaginare un nostro futuro intervento in classe
- difficoltà nell'applicare il nostro senso critico agli insegnamenti ricevuti finora alla SSIS. Ci sembra di continuare a riproporre sempre le stesse generalizzazioni, senza riuscire però a concretizzarle riferendole ad ambiti reali

#### GRUPPO Z

attività dell'insegnante	attività dell'alunno	PRODOTTO	V
Fissa il contenuto			A
Indaga le preconcoscenze	Questionario ↓ confronto	Elaborato scritto	U
	Esperienza ↑ confronto	Elaborato scritto	T
Fornisce materiale (testi, ipertesti...)	Approfondimento		A
Fornisce chiarimenti	individuale → in gruppo		Z
			I
Guida	Rielaborazione		O
	In gruppi diversi e/o di classe	DEFINIZIONE	N
			E

**ALLEGATO 14**

PROVE DI VALUTAZIONE FINALE

**Riprendendo il tratto di percorso sulla dissoluzione del sale da cucina in acqua presentato qui di seguito, prova a proseguirlo indicando analiticamente le attività che realizzerai in classe**

**Le diverse articolazioni del tratto di percorso proposto sono:**

**Esperienza cloruro di sodio e acqua**

**Obiettivi (elenco da completare):**

- avvio alla
- capacità di effettuare previsioni sui parametri che influenzano un fenomeno
- capacità di predisporre dettagliatamente attività pratiche che consentano di verificare le previsioni fatte
- capacità di descrivere in sequenza ordinata il fenomeno che si realizza
- capacità di usare in maniera appropriata un certo numero di termini
- capacità di mettere a punto una definizione del fenomeno
- .....

**Modulo A: parte iniziale del percorso**

fase 1 l'insegnante richiama alla mente degli alunni il fenomeno della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua.

Chiede loro successivamente di descrivere individualmente su un foglio che

Consegna (possibilmente personalizzato, nel senso che c'è il nome e il cognome dell'alunno) come effettuerebbero un'esperienza che realizzi il fenomeno

fase 2 l'insegnante divide la classe in gruppi e chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le descrizioni effettuate da ciascun componente per poi arrivare alla formulazione di una descrizione comune.

Consegna, a tale proposito, un foglio in cui è indicato il compito da svolgere a ciascun gruppo

fase 3 ogni gruppo, attraverso un suo rappresentante, legge (o espone oralmente) la descrizione condivisa mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le descrizioni e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le eventuali differenze emerse

fase 4 si effettua una discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica descrizione condivisa delle operazioni da effettuare

**Modulo B: tratto del percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro in una direzione funzionale a far acquisire alcuni degli obiettivi principali che si è proposto**

**- possibile opzione per il modulo B**

fase 1 l'insegnante, utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "il fenomeno di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua può essere più o meno rapido; secondo il tuo punto di vista, il fatto che il cloruro di sodio si possa sciogliere più o meno rapidamente, da che cosa dipende?"

fase 2 gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3 il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4 in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi come influenzanti la maggiore o minore rapidità di avvenimento del processo

**Modulo C (fa seguito all'opzione B precedente) tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse (N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di ricapitolare ciò che è stato fatto in precedenza aiutato da un paio di alunni)**

fase 1 scelta di uno dei fattori influenzante la velocità di dissoluzione del sale in acqua

fase 2 mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercitazione scritta individuale

fase 3 gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione

fase 4 il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 5 l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

**Modulo D (dopo il modulo C precedente) Realizzazione dell'esperienza, materiale necessario, .....**

(N.B. sicuramente le esperienze da condurre saranno molte, pertanto si tratterà di organizzare la sequenza e i moduli C e D in realtà, diventeranno una sequenza di sottomoduli C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, e D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>, .....

**Alternativa per il Modulo B funzionale a far giungere i ragazzi alla definizione del fenomeno:**

L'insegnante, dopo aver rilevato che il fatto che il sale da cucina si scioglia nell'acqua viene espresso di solito affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di sostanza solubile. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase:

Si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) è solubile in un liquido (per esempio l'acqua) quando

.....

anche in questo caso il modo di procedere potrebbe essere configurato secondo la sequenza: esercitazione scritta individuale, lavoro di gruppo, discussione generale con conclusione condivisa.

Poiché il fenomeno dello sciogliersi di una sostanza in un'altra viene denominato con il termine "solubilità", possiamo definire la solubilità come la proprietà di scomparire alla vista da parte di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido

**A.**

**Obiettivi:**

- avvio alla
- .....
- capacità critica di comprendere le leggi fondamentali che regolano i fenomeni scientifici (conservazione della materia);
- capacità di confronto critico tra esperimenti diversi riguardante lo stesso fenomeno;

- capacità di adattare il modello particolare al generale;
- capacità di stimolare il ragionamento attraverso la descrizione dei fenomeni;
- capacità di riflessione;
- capacità di rielaborazione non passiva e con senso critico
- capacità di comprendere ed apprendere concetti fondanti;
- capacità di relazionare (lavoro in gruppo, discussione).

**Modulo B:** tratto del percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro in direzione funzionale a far acquisire alcuni degli obiettivi principali che si è proposto.

Fase 1 L'insegnante, dopo aver rilevato il fatto che il sale da cucina si scioglie nell'acqua viene espresso affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "Il fenomeno di dissoluzione di una sostanza solida in acqua dipende dalla proprietà chimiche della sostanza solida usata; secondo il tuo punto di vista, a cosa è dovuta la dissoluzione di alcune sostanze, in acqua, ed di altre no?";

fase 2 Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali;

fase 3 Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise;

fase 4 In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi come spiegazione al fatto che non tutte le sostanze solide si sciolgono in acqua (conclusione: teoria particellare della materia, ossia la materia è costituita da particelle tenute insieme da forze particolari dette legami chimici).

#### **Modulo B alternativo (B<sub>1</sub>)**

Fase 1 L'insegnante, utilizzando spunti emersi dal modulo B precedente, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "Il cloruro di sodio disciolto nell'acqua forma una soluzione perfettamente limpida, in quanto il sale non è visibile: esso è scomparso o è ancora presente, sotto forma di un'altra sostanza, nella soluzione?";

fase 2 Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali;

fase 3 Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise;

fase 4 In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi come spiegazione al fatto che le sostanze si trasformano ma la loro quantità non cambia (conclusione: principio della conservazione della massa, ossia la materia può subire trasformazioni di ogni tipo, ma la massa non subisce alcuna variazione).

#### **Modulo C: tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse nel modulo B.**

Fase 1 Il fattore influenzante la solubilità delle sostanze solide nell'acqua sono le forze (legami chimici) che tengono insieme le particelle delle sostanze solide.

fase 2 L'insegnante mette a disposizione agli alunni i seguenti elementi per verificare se le previsioni fatte nel modulo B sono vere o meno al fine di mettere a punto un'esperienza pratica: acqua, sale da cucina (coluro di sodio) e sabbia. Esercitazione scritta individuale;

fase 3 Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione;

fase 4 Il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta;

fase 5 L'insegnante, in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

#### **Modulo C<sub>1</sub>: tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse nel modulo B<sub>1</sub>.**

Fase 1 Il concetto è che le sostanze subiscono trasformazioni ma la loro quantità non cambia: nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma;

fase 2 L'insegnante mette a disposizione agli alunni i seguenti elementi per verificare se le previsioni fatte nel modulo B<sub>1</sub> sono vere o meno al fine di mettere a punto un'esperienza pratica: acqua, sale da cucina (coluro di sodio) e bilancia. Esercitazione scritta individuale;

fase 3 Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione;

fase 4 Il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta;

fase 5 L'insegnante, in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

#### **Modulo D: realizzazione dell'esperienza condivisa nel modulo C.**

Cosa serve? Due becker, acqua, sale da cucina e sabbia.

Fase 1: versare l'acqua nel becker, fino alla sua metà, ed aggiungere un cucchiaino di sale da cucina;

fase 2: mescolare col cucchiaino;

fase 3: visivamente, si osserva che il materiale "acqua salata" è perfettamente limpido. Nella miscela il sale da cucina non è visibile;

fase 4: versare l'acqua nel becker, fino alla sua metà, ed aggiungere un cucchiaino di sabbia;

fase 5: mescolare col cucchiaino;

fase 6: visivamente, si osserva che la sabbia si deposita sul fondo del becker. Nella miscela si vedono benissimo i due componenti usati;

fase 7: si può mescolare col cucchiaino quanto si vuole ma la sabbia è sempre visibile e l'acqua non cambia le proprie caratteristiche.

#### **Modulo E**

L'insegnante chiede agli alunni, dopo l'esperienza pratica precedente, di spiegare a parole il significato della "teoria particellare della materia" invitandoli a completare la seguente domanda:

"Una sostanza solida si scioglie in un liquido perché.....".

(Esempio di risposta: ".....le particelle, che formano l'acqua, hanno spezzato i legami che tengono uniti le particelle che formano la sostanza solida che, separandosi, si sono sciolte nell'acqua".)

Anche in questo caso il modo di procedere si configura secondo la sequenza: esercitazione individuale, lavoro di gruppo, discussione generale con conclusione condivisa. Quest'ultima sarà definita con linguaggio naturale dagli alunni e l'insegnante avrà il compito di "tradurla" in linguaggio scientifico al fine di raggiungere gli obiettivi di questa esperienza.

#### **Modulo D<sub>1</sub>: realizzazione dell'esperienza condivisa nel modulo C<sub>1</sub>.**

Cosa serve? Una bilancia, un becker, acqua, sale da cucina.

Fase 1: pesare 100 grammi di acqua e versarli nel becker;

fase 2: pesare 5 grammi di sale da cucina;

## Speciale: la chimica nelle SSIS

fase 3: poggiarli su un piatto della bilancia e porre sull'altro piatto dei pesi per portare la bilancia in equilibrio ( $100\text{ g} + 5\text{ g} = 105$ , totale grammi sulla bilancia);

fase 4: versare il sale da cucina nel becker contenente l'acqua e mescolare con un cucchiaino.

fase 5: visivamente, la bilancia rimane in equilibrio (105 grammi totali!). Ciò significa che il sale da cucina si è disciolto in acqua e, anche se sembra che scompaia nell'acqua, è sempre presente (sono stati mantenuti gli stessi grammi totali).

### Modulo E<sub>1</sub>

L'insegnante chiede agli alunni, dopo l'esperienza pratica precedente, di spiegare a parole il significato della "conservazione della massa" invitandoli a completare la seguente domanda:

"La legge della conservazione della massa assicura che.....".

(Esempio di risposta: "...la materia subisce delle trasformazioni ma la massa resta uguale".)

Anche in questo caso il modo di procedere si configura secondo la sequenza: esercitazione individuale, lavoro di gruppo, discussione generale con conclusione condivisa. Quest'ultima sarà definita con linguaggio naturale degli alunni e l'insegnante avrà il compito di "tradurla" in linguaggio scientifico al fine di raggiungere gli obiettivi di questa esperienza.

## B.

### Obiettivi:

avvio alla

-.....

- capacità di analizzare criticamente le ipotesi effettuate alla luce di nuovi eventi
- capacità di trarre conclusioni dall'analisi di dati sperimentali
- capacità di lavorare in gruppo svolgendo compiti individuali e nel rispetto del ruolo altrui
- capacità di effettuare con una certa correttezza misurazioni di peso e di tempo

### Modulo 1

fase 1: l'insegnante dispone sulla cattedra un bicchiere per ogni alunno. I bicchieri sono di plastica trasparente contrassegnati dal nome e contengono un'uguale quantità di liquido incolore. L'insegnante chiede agli alunni di osservare e scrivere le loro osservazioni su un foglio personalizzato che verrà consegnato all'insegnante.

fase 2: l'insegnante divide la classe in gruppi di 3/4 alunni e chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le descrizioni effettuate da ciascun componente; un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio che dovrà essere consegnato all'insegnante.

fase 3: un membro di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise. L'alunno incaricato è diverso da quello che aveva il compito di scrivere.

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi nell'ambito dell'osservazione.

### OSSERVAZIONI DELL'INSEGNANTE

In queste prima fase emergeranno le diverse osservazioni effettuate dagli alunni, molti diranno che nei bicchieri c'è acqua, alcuni penseranno ad altre sostanze, probabilmente nessuno penserà che si possa trattare di una soluzione.

la lezione termina riponendo i bicchieri in una posizione soleggiata al riparo dalla pioggia; l'insegnante informa gli studenti che il lavoro proseguirà nella lezione successiva.

### Modulo 2

fase 1: gli alunni sono invitati nuovamente all'osservazione del contenuto dei bicchieri. Nel fare ciò viene loro consentito di utilizzare i quattro sensi utili a tale scopo (vista, olfatto, gusto, tatto).

fase 2: gli alunni vengono invitati a scrivere su un foglio personalizzato le loro osservazioni sui cambiamenti avvenuti e le loro ipotesi sul fenomeno che li ha provocati.

fase 3: l'insegnante divide la classe in gruppi (gli stessi della lezione precedente) e chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le descrizioni effettuate dai singoli componenti; un alunno (diverso dalla lezione precedente) è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio che dovrà essere consegnato all'insegnante.

fase 4: un membro di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise. L'alunno incaricato è diverso da quello della lezione precedente

fase 5: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi nell'ambito dell'osservazione.

### OSSERVAZIONI DELL'INSEGNANTE

Nell'ambito di questa seconda fase la maggior parte degli alunni avrà capito che nel bicchiere non c'era solo acqua ma anche un'altra sostanza che tutti hanno identificato come sale. Inoltre è opinione condivisa da tutta la classe che il sale sia rimasto come deposito solido nel bicchiere dopo che l'acqua è evaporata. Le loro conclusioni vengono confermate dall'insegnante.

### Modulo 3

L'insegnante, dopo aver rilevato che il fatto che il sale da cucina si scioglie nell'acqua viene espresso di solito affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di sostanza solubile. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase: Si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) è solubile in un liquido (per esempio l'acqua) quando .....

fase 1: gli alunni, dopo aver completato la frase su un foglio personalizzato, vengono divisi in nuovi gruppi di 3/4 elementi per confrontare le singole conclusioni. Un membro del gruppo le scrive su un foglio che verrà consegnato all'insegnante.

fase 2: il rappresentante di ogni gruppo (diverso da colui che scrive) espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 3: l'insegnante scrive alla lavagna le opzioni che sono emerse dal lavoro di gruppo.

fase 4: discussione collettiva e raggiungimento di una definizione condivisa poiché il fenomeno dello sciogliersi di una sostanza in un'altra viene denominato con il termine "solubilità", possiamo definire la solubilità come la proprietà di scomparire alla vista da parte di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido.

### Modulo 4

fase 1: l'insegnante pone agli alunni la seguente domanda: "secondo voi in un bicchiere d'acqua si può sciogliere una quantità illimitata di sale?"

fase 2: gli alunni scrivono la risposta su un foglio personalizzato che verrà consegnato all'insegnante

fase 3: l'insegnante divide gli alunni in gruppi (gli stessi della lezione precedente) chiedendo di confrontare le singole risposte e di arrivare ad una risposta condivisa che verrà scritta su un foglio da un membro del gruppo.

fase 4: un altro membro del gruppo espone la risposta condivisa

fase 5: discussione collettiva, l'insegnante scrive sulla lavagna le risposte dei vari gruppi e si raggiunge una risposta condivisa da tutta la classe

**Modulo 4a**

fase 1: l'insegnante chiede ai singoli alunni di scrivere l'esperienza che userebbero per verificare l'ipotesi condivisa

fase 2: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 4: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

**Modulo 4b**

fase 1: l'insegnante divide gli alunni in gruppi, ogni gruppo è fornito di:

un bicchiere di plastica trasparente contenente una certa quantità di acqua

un cucchiaino

un bicchiere pieno di sale fino puro

realizzazione dell'esperienza

fase 2: un membro di ogni gruppo versa nel bicchiere un primo cucchiaino di sale

fase 3: viene chiesto ai membri di ogni gruppo di osservare cosa succede e di scrivere le osservazioni collettive su un foglio che verrà consegnato

fase 4: un membro del gruppo versa nel bicchiere un secondo cucchiaino di sale

fase 5: viene chiesto ai membri di ogni gruppo di osservare cosa succede e di scrivere le osservazioni collettive su un foglio che verrà consegnato

.....

**fase finale**

discussione collettiva e raggiungimento di una descrizione condivisa del fenomeno osservato

**OSSERVAZIONI DELL'INSEGNANTE**

tutti i gruppi si sono accorti che dopo aver versato un certo numero di cucchiaini di sale nel bicchiere questo non si scioglie più e rimane come deposito solido sul fondo del bicchiere. Dopo aver espresso le loro opinioni sulle cause di questo fenomeno, l'insegnante esplicita con un linguaggio accessibile che il fenomeno da loro osservato viene indicato col termine "saturazione".

**Modulo 5**

fase 1: l'insegnante, utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "il fenomeno di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua può essere più o meno rapido; secondo il tuo punto di vista, il fatto che il cloruro di sodio si possa sciogliere più o meno rapidamente, da che cosa dipende?"

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante vengono divisi in gruppi di 3/4 elementi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi come influenzanti la maggiore o minore rapidità di avvenimento del processo:

temperatura

mescolamento

dimensioni del sale

.....

**Modulo 6**

fase 1: L'insegnante sceglie uno dei fattori influenzante la velocità di dissoluzione del sale in acqua

fase 2: l'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercizio scritto individuale

fase 3: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione

fase 4: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 5: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

**Modulo 6a**

ogni alunno è fornito di:

due bicchieri di plastica trasparente contenenti una definita quantità d'acqua

un cucchiaino

una quantità definita di sale fino puro suddivisa in due campioni uguali

orologio con cronometro

realizzazione dell'esperienza individuale suddivisa in due fasi:

fase 1: il sale viene versato in un bicchiere e si cronometra il tempo impiegato perché si sciogla tutto

fase 2: il sale viene messo nel secondo bicchiere e contemporaneamente si mescola col cucchiaino, viene registrato il tempo impiegato perché si sciogla tutto

**OSSERVAZIONI DELL'INSEGNANTE**

dopo l'esecuzione e l'osservazione dell'esperienza effettuata gli alunni riescono individualmente a verificare l'attendibilità delle loro ipotesi e giungono alla conclusione che i dati sperimentali hanno confermato la previsione di un aumento della velocità di dissoluzione causato dal mescolamento.

**Modulo 7**

fase 1: l'insegnante sceglie uno dei fattori influenzante la velocità di dissoluzione del sale in acqua

fase 2: l'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercizio scritto individuale

fase 3: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione

fase 4: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 5: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

**Modulo 7a**

l'esperienza in questo caso viene realizzata in parte dagli alunni e in parte dall'insegnante;

ogni alunno è fornito di:

due bicchieri di plastica trasparente

una bottiglietta d'acqua

orologio con cronometro

## Speciale: la chimica nelle SSIS

materiale per uso comune:  
una bilancia di precisione  
una confezione di sale grosso  
un frullatore

### **realizzazione dell'esperienza**

fase 1: ogni alunno individualmente prepara un campione di sale grosso dal peso stabilito, versa il campione in un primo bicchiere in cui ha messo una quantità d'acqua fissata, ogni alunno registra quindi il tempo di dissoluzione.

fase 2: l'insegnante prepara lo stesso numero di campioni di sale aventi lo stesso peso di quelli preparati dagli studenti. Procede alla triturazione dei campioni. Gli alunni in questa fase osservano

fase 3: l'insegnante distribuisce un campione ad ogni alunno che dovrà registrarne il tempo di dissoluzione in un secondo bicchiere contenente la stessa quantità di acqua del precedente.

fase 4: l'insegnante divide gli alunni in piccoli gruppi in modo da far confrontare fra loro i dati ottenuti. Ogni gruppo deve scrivere le considerazioni condivise sui dati ottenuti

fase 5: discussione collettiva e raggiungimento di un'opinione condivisa per interpretare i dati.

### **OSSERVAZIONI**

dopo l'esecuzione dell'esperienza e la successiva discussione gli alunni sono riusciti a verificare l'attendibilità delle loro ipotesi. Hanno potuto osservare che i dati sperimentali hanno confermato la previsione di un aumento della velocità di dissoluzione al diminuire della dimensione del sale.

### **Modulo 8**

fase 1: l'insegnante chiede agli alunni di pensare, riferendosi alla vita quotidiana, ad avvenimenti in cui si evidenziano gli effetti della solubilità del sale in acqua

fase 2: discussione collettiva in cui l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fenomeni emersi. Vengono scelti due fenomeni che per gli alunni sono i più rappresentativi:

- 1) sale nell'acqua per la cottura della pasta
- 2) sale sulle strade innevate durante l'inverno

### **OSSERVAZIONI DELL'INSEGNANTE**

nell'ambito della discussione sono emersi i due fenomeni citati, gli alunni spiegano il primo dicendo che "se metto il sale nell'acqua bolle dopo" e il secondo dicendo che "si mette il sale sulla neve perché la fa sciogliere"

### **Modulo 9 (nell'ambito della stessa lezione)**

fase 1: l'insegnante sceglie il primo fenomeno da analizzare (1) e chiede agli alunni di scrivere individualmente su un foglio personalizzato quali sono, secondo loro, gli effetti della presenza del sale nel fenomeno considerato

fase 2: l'insegnante divide la classe in gruppi di 3/4 elementi e chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le supposizioni effettuate da ciascun componente per poi arrivare alla formulazione di un'ipotesi comune. Un membro del gruppo scrive l'ipotesi condivisa su un foglio che verrà consegnato all'insegnante.

fase 3: ogni gruppo, attraverso un suo rappresentante, legge (o espone oralmente) la descrizione condivisa mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le ipotesi e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le ipotesi condivise e quelle non condivise

fase 4: ogni gruppo deve mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno.

fase 5: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa

fase 4: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 6: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

### **Modulo 9a**

materiale necessario  
una pentola contenente una certa quantità d'acqua  
una confezione di sale puro  
un fornello  
un orologio con cronometro

### **realizzazione dell'esperienza**

fase 1: l'insegnante pone la pentola contenente acqua a temperatura ambiente sul fornello.

Cinque alunni sono incaricati di cronometrare il tempo impiegato dall'acqua per arrivare all'ebollizione. Gli altri osservano. Il tempo misurato viene scritto sulla lavagna.

fase 2: l'insegnante ripone la pentola contenente acqua a temperatura ambiente sul fornello e versa all'interno una certa quantità di sale puro. Cinque alunni sono incaricati di cronometrare il tempo impiegato dall'acqua per arrivare all'ebollizione. Gli altri osservano. Il tempo misurato viene scritto sulla lavagna.

fase 3: l'insegnante dice agli alunni, individualmente, di scrivere le loro osservazioni e conclusioni sull'esperienza realizzata su un foglio personalizzato.

fase 4: l'insegnante divide la classe in gruppi (gli stessi della lezione precedente) e chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le ipotesi effettuate in precedenza alla luce dei dati sperimentali raccolti. Un membro del gruppo scrive l'ipotesi condivisa su un foglio che verrà consegnato all'insegnante.

fase 5: il rappresentante di ogni gruppo espone le considerazioni fatte

fase 6: si effettua una discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica interpretazione condivisa.

### **OSSERVAZIONI DELL'INSEGNANTE**

la realizzazione dell'esperienza ha permesso agli alunni di verificare che la presenza del sale nell'acqua aumenta il tempo impiegato per arrivare all'ebollizione.

I gruppi che avevano fatto l'ipotesi esatta hanno così confermato la sua validità, i gruppi che sostenevano che la presenza del sale non influenzasse il fenomeno hanno invece capito, sulla base dei dati sperimentali raccolti, che la loro ipotesi non era corretta.

### **Modulo 10**

fase 1: l'insegnante sceglie il secondo fenomeno da analizzare (2) e chiede agli alunni di scrivere individualmente su un foglio personalizzato quali sono, secondo loro, gli effetti della presenza del sale nel fenomeno considerato

fase 2: l'insegnante divide la classe in gruppi di 3/4 elementi e chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le supposizioni effettuate da ciascun componente per poi arrivare alla formulazione di un'ipotesi comune. Un membro del gruppo scrive l'ipotesi condivisa su un foglio che verrà consegnato all'insegnante.

fase 3: ogni gruppo, attraverso un suo rappresentante, legge (o espone oralmente) la descrizione condivisa mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le ipotesi e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le ipotesi condivise e quelle non condivise

fase 4: ogni gruppo deve mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno.

fase 5: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa

fase 6: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 7: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

#### Modulo 10a

fase 1: l'insegnante divide la classe in gruppi.

Ogni gruppo è dotato di:

cinque vaschette di ghiaccio

sale

un orologio con cronometro

ogni gruppo cronometra il tempo impiegato dal ghiaccio per sciogliersi. I tempi vengono scritti sulla lavagna

fase 2: l'insegnante distribuisce ai gruppi altre cinque vaschette di ghiaccio. Dice loro di ricoprire il ghiaccio con una certa quantità di sale.

fase 3: ogni gruppo cronometra il tempo impiegato dal ghiaccio per sciogliersi. I tempi vengono scritti sulla lavagna

fase 4: l'insegnante chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le ipotesi effettuate in precedenza alla luce dei dati sperimentali raccolti. Un membro del gruppo scrive l'ipotesi condivisa su un foglio che verrà consegnato all'insegnante

fase 5: il rappresentante di ogni gruppo espone le considerazioni fatte

fase 6: si effettua una discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica interpretazione condivisa.

#### OSSERVAZIONI DELL'INSEGNANTE

la realizzazione dell'esperienza ha permesso agli alunni di osservare che la presenza del sale sul ghiaccio fa diminuire il tempo impiegato dal ghiaccio per sciogliersi.

L'insegnante sottolinea il fatto che è sbagliato dire che "il sale scalda il ghiaccio e quindi lo fa sciogliere" (ipotesi sostenuta dagli alunni) ma che in realtà il sale ne fa abbassare il punto di congelamento.

### C.

#### Obiettivi:

Avvio alla:

- .....

- capacità di confrontare criticamente esperimenti diversi riguardanti lo stesso fenomeno;

- capacità di adattare il modello particolare al generale;

- capacità di comprendere le leggi fondamentali che regolano i fenomeni scientifici (legge di conservazione della massa).

Vedi **Modulo A**

#### Modulo B: (tratto di percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro e la discussione conseguente in una direzione funzionale al raggiungimento della comprensione della legge della conservazione di massa).

Fase 1: L'insegnante utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza (definizione acquisita di solubilità come proprietà di scomparire alla vista da parte di una sostanza solida quando viene mescolata a d un liquido), chiede agli studenti di rispondere individualmente alla seguente domanda: "E' scomparsa davvero la sostanza che non si vede più?" Fai delle ipotesi.

Fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali.

Fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

Fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le ipotesi emerse dai gruppi sulla "scomparsa" della sostanza.

#### Modulo C: (tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse. Se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di ricapitolare ciò che è stato fatto in precedenza aiutato da un paio di alunni).

Fase 1: Scelta di una delle ipotesi sulla scomparsa della sostanza.

Fase 2: Mettere a punto una esperienza che permetta di verificare se l'ipotesi scelta sia vera o meno (Esercitazione scritta individuale).

Fase 3: Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione.

Fase 4: Il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta.

Fase 5: L'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

#### Modulo D: (Realizzazione dell'esperienza, materiale necessario, etc...)

#### Modulo E: (funzionale al raggiungimento per gli studenti ad una definizione della legge della conservazione della massa).

Fase 1: L'insegnante, dopo aver rilevato il fatto che la massa totale a seguito di un processo di soluzione, è pari alla somma della massa del soluto più la massa del solvente, viene espresso con la legge della conservazione della massa, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di "conservazione".

In particolare invita gli studenti a completare la frase che segue: "In un processo di soluzione, la massa di un soluto (es. sale da cucina) si conserva quando:..."

Anche in questo caso il modo di procedere potrebbe essere configurato secondo la sequenza: esercitazione scritta individuale, lavoro di gruppo, discussione generale con conclusione condivisa.

Fase 2: Si arriva ad una definizione condivisa di legge della conservazione della massa, espressa con un linguaggio naturale, quale può essere ad esempio: "In un processo di soluzione si dice che la massa di ciascun componente si conserva in quanto il peso iniziale del solvente più quello del soluto rimane uguale al peso della soluzione finale".

#### Ora sarebbe utile intraprendere un altro percorso didattico simile al precedente per avviare alla capacità di generalizzare l'applicabilità del principio di conservazione della massa in condizioni di solubilità diverse.

#### Modulo B<sup>1</sup>: (tratto del percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro e la discussione conseguente in una direzione funzionale al raggiungimento della generalizzazione dell'applicabilità del principio di conservazione della massa).

Fase 1: L'insegnante utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza (definizione acquisita di solubilità e della legge di conservazione della massa per processi in soluzione), chiede agli studenti di rispondere individualmente alla seguente domanda: "La solubilità influenza la legge della conservazione della massa?". Fai delle ipotesi.

## Speciale: la chimica nelle SSIS

Fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali.

Fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

Fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le ipotesi emerse dai gruppi sulla influenza della solubilità sulla legge della conservazione della massa.

**Modulo C<sup>1</sup>: (tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse. Se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di ricapitolare ciò che è stato fatto in precedenza aiutato da un paio di alunni).**

Fase 1: Scelta di una delle ipotesi sull'influenza della solubilità.

Fase 2: Mettere a punto una esperienza che permetta di verificare se l'ipotesi è vera o falsa (Esercitazione singola scritta).

Fase 3: Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione.

Fase 4: Il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta.

Fase 5: L'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

**Modulo D<sup>1</sup>: (Realizzazione dell'esperienza, materiale necessario, etc...)**

Ovviamente le esperienze da condurre saranno molteplici (es. pietre, sale, caffè, etc...).

**Modulo E<sup>1</sup>: (funzionale a far giungere i ragazzi ad una definizione più generale della legge della conservazione di massa).**

Fase 1: L'insegnante, dopo aver rilevato il fatto che la massa totale di una "soluzione" si conserva a prescindere dal tipo di soluto e solvente considerati, chiede agli studenti come spiegherebbero a parole tale fatto.

In particolare invita gli alunni a completare la seguente frase: *"Qualunque sia la natura della soluzione e del solvente, la massa della soluzione si conserva in quanto..."*.

Anche in questo caso il modo di procedere potrebbe essere configurato secondo la sequenza: esercitazione scritta individuale, lavoro di gruppo, discussione generale con conclusione condivisa.

Fase 2: Si arriva ad una generalizzazione della validità del principio della conservazione della massa, espressa con un linguaggio naturale, quale può essere ad esempio: *"Qualunque sia la natura del soluto e della solvente, la massa della soluzione si conserva in quanto il peso iniziale di soluto più quella del solvente è uguale al peso finale della soluzione"*.

## D.

### Premessa

Ho svolto il mio lavoro nel seguente modo: ho completato l'elenco degli obiettivi, aggiungendone altri tre, per ciascuno dei quali ho ideato un modulo (rispettivamente A, B, C) per lo svolgimento ed il raggiungimento degli stessi. In secondo luogo ho completato il modulo D, presente sui suoi fogli contenenti il testo per la verifica finale, per la realizzazione dell'esperienza, partendo dal presupposto che in classe si sia deciso di considerare come elemento influenzante la velocità della dissoluzione del sale in acqua le dimensioni dei granelli del sale.

### Obiettivi aggiunti:

1-avvio alla capacità di formulare la definizione di concentrazione e di saturazione

2-avvio alla capacità di analizzare il processo necessario per riottenere il soluto, cioè evaporazione

3-avvio alla capacità di analizzare il processo necessario per riottenere il solvente, cioè distillazione

### Modulo A per l'obiettivo n.1

#### Premessa

**L'insegnante nella lezione precedente ha detto alla classe di portare qualche bicchiere, acqua, cucchiaini ed una confezione di sale (fino).**

fase 1: Gli alunni vengono divisi dall'insegnante in gruppi composti da quattro componenti ciascuno.

fase 2: A ciascun membro del gruppo il docente assegna un compito: uno studente ha il compito di mettere l'acqua nel bicchiere e di mescolare; un altro deve aggiungere il sale; un altro ancora deve tenere il tempo; l'ultimo del gruppo ha il compito di scrivere le considerazioni che vengono fatte dall'intero gruppo.

Prima di iniziare, il docente spiega come deve essere svolto l'esperimento: ogni gruppo deve aggiungere una quantità definita di sale, cioè un cucchiaino, ogni 10 minuti; in questo arco di tempo, rispettando i compiti di ciascuno, si aggiunge il sale, si mescola e si scrivono le considerazioni di tutti. Particolare attenzione deve essere fatta per cercare di definire la quantità di sale presente in acqua. Ognuno deve svolgere al meglio il proprio compito affinché il lavoro di gruppo abbia una buona riuscita.

fase 3: Discussione di classe: un rappresentante di ciascun gruppo espone a tutti i compagni le considerazioni fatte sull'esperimento, le proprie conclusioni e la definizione a cui sono arrivati di quantità di sale in acqua, cioè della concentrazione.

fase 4: L'insegnante scrive alla lavagna tutte le definizioni date dai gruppi e, ragionando tutti insieme, si completa il lavoro dando la definizione definitiva.

fase 5: L'insegnante fa ricomporre i gruppi, spiegando loro il nuovo esperimento da svolgere: gli alunni, mantenendo i ruoli assegnati all'inizio, devono aggiungere nel bicchiere dove c'è l'acqua, sempre in 10 minuti, più sale rispetto all'esperimento precedente, cioè almeno 10 cucchiaini, e mescolare. Il docente puntualizza che devono ragionare sulla differenza con l'esperimento precedente e, anche in questo caso, devono arrivare ad una definizione di sale che non si scioglie più in acqua e comincia a depositarsi sul fondo, cioè della saturazione.

fase 6: Nuovamente discussione di classe: viene svolto un confronto generale tra i gruppi e particolare attenzione viene prestata alle definizioni date di saturazione.

fase 7: Come è stato fatto per la concentrazione, il docente scrive alla lavagna le definizioni dei gruppi arrivando a quella definitiva.

### Modulo B per l'obiettivo n.2

fase 1 Dopo aver fatto un rapido richiamo ai concetti di "soluto", "solvente" e "soluzione", il docente fa svolgere un lavoro individuale agli alunni: ogni studente su un foglio intestato deve scrivere se pensa che sia possibile poter riottenere il soluto una volta creata la soluzione di cloruro di sodio in acqua e, in caso positivo, deve descriverne l'ipotetico processo.

fase 2: L'insegnante divide la classe in gruppi: all'interno di ciascun gruppo viene svolto il confronto delle opinioni e su un ulteriore foglio i membri del gruppo devono riportare quanto detto durante la discussione (sia le opinioni concordanti sia quelle discordanti).

fase 3: A questo punto avviene la discussione di classe: un membro di ogni gruppo espone al resto della classe i punti emersi dalla propria discussione. Le fasi qui di seguito riportate si possono far svolgere ai ragazzi solo se la scuola dispone di un laboratorio.

fase 4: L'insegnante spiega il processo dell'evaporazione e, dopo aver diviso la classe negli stessi gruppi di partenza, lo fa svolgere, sotto la propria guida, a ciascun gruppo.

fase 5: Su un foglio ogni gruppo deve riportare le considerazioni sull'esperimento appena svolto e confrontarle con quanto avevano ipotizzato in partenza.

fase 6: Per concludere il docente chiede al rappresentante di ciascun gruppo di esporre le conclusioni a cui si è arrivati e, attraverso una discussione di classe, si arriva a definire l'evaporazione.

### Modulo C per l'obiettivo n.3

**Questo modulo è molto simile a quello appena illustrato, trattandosi ovviamente di trovare il solvente invece del soluto. Le uniche differenze si riscontrano nelle ultime fasi.**

Per questo motivo di seguito ho riassunto i concetti fondamentali per le prime fasi per non stare a ricopiare quelle scritte sopra, mentre ho modificato le altre.

fase 1: Lavoro individuale sul processo che si può usare per ottenere il solvente da una soluzione di cloruro di sodio in acqua.

fase 2: Divisione in gruppi e discussione delle opinioni individuali.

fase 3: Discussione di classe e confronto delle proprie conclusioni.

Anche in questo caso il lavoro può continuare solo se è presente un laboratorio nella scuola.

fase 4: L'insegnante spiega il processo della distillazione, sottolineando che questo processo per la parte iniziale è uguale a quello che serve per ritrovare il soluto trattandosi sempre di evaporazione, ma in questo caso il vapore viene raccolto e per condensazione si ottiene il solvente. Segue la divisione negli stessi gruppi di partenza e svolgimento dell'esperimento guidato dall'insegnante.

fase 5: Discussione di gruppo, riportando le opinioni di tutti su un foglio e confronto con quanto ipotizzato all'inizio.

fase 6: Discussione di classe e confronto delle conclusioni, al fine di definire il processo della distillazione.

### Modulo D per la realizzazione dell'esperienza con materiale necessario.

#### Premessa

L'insegnante nella lezione precedente ha detto agli alunni di portare bicchieri, acqua, cucchiaini e una confezione di sale grosso ed una di quello fine.

fase 1: Il docente divide la classe in gruppi che devono essere in numero pari (al massimo 4 o 6 gruppi, ma non di più).

fase 2: I gruppi dispari (n.1;n.3;n.5) devono mettere negli appositi bicchieri con l'acqua due o tre cucchiaini di sale grosso e mescolare. Su un foglio devono scrivere le considerazioni fatte sull'esperimento, in particolar modo devono far attenzione a quanto tempo il sale impiega a sciogliersi nell'acqua.

fase 3: I gruppi pari svolgono un lavoro simile a quello dei gruppi dispari, però utilizzando il sale fino: anche loro devono mescolare nel bicchiere acqua due o tre cucchiaini di sale fino e scrivere le proprie considerazioni su un foglio. Anche in questo caso devono prestare attenzione a quanto tempo impiega il sale a sciogliersi.

fase 4: Scambio di fogli e di esperimento tra i gruppi pari e quelli dispari.

fase 5: Svolgimento del nuovo esperimento: chi prima ha mischiato il sale grosso ora mescola quello fino e viceversa.

fase 6: Su un ulteriore foglio devono scrivere le considerazioni sul nuovo esperimento e confrontarle con quanto scritto dai propri compagni. Devono vedere le differenze di tempo.

fase 7: Discussione di classe: l'insegnante pilota la discussione centrandola sulla differenza che esiste tra mescolare sale fino e sale grosso, puntualizzando l'importanza che assume in una soluzione le dimensioni dei granelli di un soluto solido in relazione alla velocità di dissoluzione dello stesso in acqua.

## E.

### Obiettivi:

- .....

- capacità di comprendere un'esperienza quotidiana secondo un'ottica più affine al pensiero scientifico tramite il confronto tra fenomeni apparentemente simili, ma intimamente differenti

### Modulo B, funzionale a far giungere i ragazzi a comprendere un'esperienza di vita quotidiana, da un punto di vista scientifico tramite il confronto tra fenomeni apparentemente simili, ma intimamente differenti.

Fase 1: L'insegnante (dopo avere svolto la parte iniziale del percorso, modulo A) chiede agli alunni di elaborare individualmente un testo che risponda al seguente spunto: "sulla base della tua esperienza quotidiana descrivi un fenomeno analogo a quello della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua, utilizzando acqua e una sostanza solida".

Fase 2: Gli alunni, dopo aver scritto quanto richiesto su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e personalizzato per ognuno), vengono divisi in gruppi per confrontare i diversi esempi emersi dai singoli e vengono invitati a selezionarne uno, il più possibile condiviso, e a riportarlo su un altro foglio che rappresenta l'elaborato di gruppo.

Fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone l'esempio selezionato.

Fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna gli esempi che sono emersi dai gruppi senza rilevare se sono tutti, o meno, rispondenti a quanto richiesto (analoghi al fenomeno della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua).

### Modulo C, tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse

(N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di ricapitolare ciò che è stato fatto in precedenza, aiutato da un paio di alunni).

Fase 1: Sulla base degli esempi selezionati dai gruppi come fenomeni simili a quello della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua, l'insegnante stabilisce se la variabilità comprende sia casi analoghi (soluzioni) che non (miscugli). In caso contrario aggiungerà altri esempi (acqua e farina, acqua zucchero, acqua e sabbia, acqua e un sale colorato, ... etc.) in modo da averne un numero sufficiente e poter fare un'esperienza pratica significativa.

Fase 2: L'insegnante netta a punto un'esperienza che permetta di verificare se tutti gli esempi selezionati sono analoghi o meno al fenomeno oggetto

di indagine

Viene chiesto agli alunni di svolgere un'esercitazione scritta individuale in cui ognuno deve fare due elenchi, uno in cui individua gli esempi analoghi e l'altro in cui riporta quelli differenti, indicando i motivi della scelta.

Fase 3: Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un elenco comune di esempi analoghi e non esplicitando le motivazioni che ne giustificano l'analogia o meno. Nel medesimo elaborato riportano anche le divergenze di opinione emerse tra i vari membri.

Fase 4: Il rappresentante di ogni gruppo espone il lavoro prodotto.

Fase 5: L'insegnante in una discussione generale, riporta alla lavagna i due elenchi contenenti tutti gli esempi trovati dai ragazzi. Avvia una discussione e, facendo frequenti riferimenti all'esperienza pratica svolta, evidenzia i motivi per cui alcuni esempi sono analoghi e altri no. Tramite l'utilizzo dei contro-esempi, l'insegnante potrà verificare il livello di comprensione e discernimento raggiunto dai ragazzi.

Utilizzando la stessa esperienza pratica l'insegnante può raggiungere altri obiettivi specifici:

- la differenza tra soluzione e miscuglio
- la comprensione del concetto di solubilità
- arricchire il linguaggio naturale dei ragazzi con i termini di un lessico specifico (solvente, soluto, corpo di fondo, soluzione satura, ...etc.)

### Modulo D<sub>1</sub>

Materiale necessario per la realizzazione dell'esperienza pratica:

- 2 barattoli di vetro per ogni soluzione/miscuglio da verificare

## Speciale: la chimica nelle SSIS

- 1 imbuto di vetro
- carta da filtro
- 1 spatola
- 1 misurino da 1 litro pieno di acqua
- un campione di ogni soluto (sale, zucchero, farina, sabbia, ...etc.)

### **Realizzazione dell'esperienza:**

L'insegnante prepara una soluzione/miscuglio per ognuno degli esempi da indagare. Durante questa operazione può farsi aiutare da alcuni ragazzi, mentre altri iniziano a scrivere le loro osservazioni su quanto sta accadendo.

L'insegnante, dopo aver mescolato (anche in questa operazione può coinvolgere i ragazzi), li porta a rilevare che in alcuni casi parte della sostanza aggiunta all'acqua è "scomparsa". La soluzione a cui fare riferimento sarà sempre quella del cloruro di sodio in acqua che dovrà essere stata preparata per prima, possibilmente in un barattolo diverso (più grande, con un'altra forma, ...etc.).

Vengono preparati degli imbuto con la carta da filtro. Ogni soluzione/miscuglio preparato viene riversato in un barattolo pulito facendolo passare attraverso la carta da filtro posizionata dentro l'imbuto di vetro.

La carta da filtro viene tolta dall'imbuto e posizionata sopra il barattolo corrispondente. Dopo avere trattato in questo modo tutti gli esempi da verificare, l'insegnante stimola gli alunni nella comprensione di quanto accaduto.

Facendo assaggiare alcune soluzioni (acqua e sale, acqua e zucchero), gli alunni capiscono che in alcuni casi parte del soluto è passato attraverso il filtro, in altri no (acqua e farina).

Nel caso dell'acqua e un sale colorato, il fenomeno sarà ancora più evidente. Quando non è opportuno usare la tecnica dell'assaggio, l'insegnante farà rilevare ai ragazzi che tutto il soluto (sabbia) è rimasto nella carta da filtro.

A questo punto sarà evidente in quali casi si è verificato un fenomeno analogo a quello della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua e in quali altri no. I ragazzi avranno visto la loro mamma mettere il sale nell'acqua per cuocere la pasta, avranno aggiunto molte volte lo zucchero nel tè, ma dopo questa esperienza avranno una "percezione più scientifica" degli stessi fenomeni.

## **F.**

### **obiettivi:**

- ....
- capacità di identificare la reversibilità del fenomeno;
- capacità di riconoscere alcune leggi alla base del fenomeno;
- capacità di illustrare la variabilità del fenomeno "soluzioni".

### **Modulo E modulo in cui si descrive in sequenza ordinata il fenomeno osservato (modulo da svolgersi dopo ogni modulo D precedente).**

fase 1: i ragazzi, individualmente, devono scrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato nel modulo precedente.

fase 2: i ragazzi divisi in piccoli gruppi giungono ad una descrizione condivisa.

fase 3: un rappresentante per ogni gruppo espone i punti condivisi e non condivisi al resto della classe.

fase 4: tramite una discussione collettiva si giunge ad una descrizione del fenomeno condivisa da tutta la classe.

### **Modulo F tratto di percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro in modo da raggiungere l'obiettivo della scoperta della reversibilità del fenomeno.**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi la domanda: "Cosa succede se si fa evaporare una soluzione di acqua e sale?". I ragazzi devono descrivere per iscritto e individualmente il fenomeno.

fase 2: i ragazzi, divisi in piccoli gruppi, confrontano le proprie descrizioni e giungono ad una spiegazione condivisa all'interno del gruppo.

fase 3: in una discussione collettiva, si giunge ad una descrizione condivisa da tutti.

fase 4: verifica della conclusione condivisa tramite osservazione del fenomeno (da svolgersi in laboratorio).

### **Modulo G (consecutivo al precedente) tratto di percorso in cui l'insegnante porta i ragazzi a descrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato ed esplicitazione di una legge che sta alla base del fenomeno (conservazione della massa).**

fase 1: i ragazzi, individualmente, devono scrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato nell'ultima fase del modulo precedente.

fase 2: i ragazzi divisi in piccoli gruppi giungono ad una descrizione condivisa.

fase 3: un rappresentante per ogni gruppo espone i punti condivisi e non condivisi al resto della classe.

fase 4: tramite una discussione collettiva si giunge ad una descrizione condivisa da tutta la classe che porti i ragazzi a comprendere e a esplicitare la Legge della conservazione della Massa.

### **Modulo H tratto di percorso in cui si approfondisce la definizione del fenomeno "soluzione" e il corretto utilizzo dei termini.**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi la domanda: "Cosa succede se si mette troppo sale nell'acqua?". I ragazzi devono descrivere individualmente per iscritto il fenomeno.

fase 2: dopo essere stati divisi in gruppi, i ragazzi condividono le proprie descrizioni.

fase 3: ogni gruppo espone le proprie conclusioni.

fase 4: i ragazzi, tramite discussione collettiva, giungono ad una descrizione condivisa.

fase 5: verifica della conclusione condivisa tramite osservazione del fenomeno con conseguente introduzione del termine "soluzione satura".

### **Modulo I parte di percorso in cui si evidenzia la variabilità dei fenomeni e i parametri che li influenzano.**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi il quesito: "perché si butta il sale sulle strade per non farle ghiacciare?". I ragazzi devono rispondere individualmente per iscritto alla domanda.

fase 2: i ragazzi devono esplicitare le proprie risposte all'interno di piccoli gruppi e quindi giungere ad una soluzione condivisa.

fase 3: ogni gruppo espone le proprie risposte condivise e non condivise.

fase 4: il gruppo classe giunge alla condivisione di una risposta unica. Molto probabilmente la risposta sarà che il sale alza la temperatura e quindi il ghiaccio si scioglie (misconcezione).

### **Modulo L modulo successivo al precedente in cui si osserva e si descrive in sequenza ordinata il fenomeno: "abbassamento crioscopico" (modulo da svolgersi in laboratorio).**

fase 1: l'insegnante prepara due contenitori. Uno di essi contenente acqua distillata, l'altro contenente una soluzione satura di acqua e sale. I due contenitori vengono posti contemporaneamente in un congelatore. Dopo un'ora si controllano i contenitori e si noterà che uno di essi sarà "più ghiacciato" dell'altro.

fase 2: i ragazzi, individualmente, devono descrivere il fenomeno osservato in sequenza ordinata.

fase 3: i ragazzi, divisi in piccoli gruppi, devono condividere la descrizione del fenomeno.

fase 4: per mezzo di una discussione collettiva, si arriva ad una descrizione condivisa da cui dovrà emergere la vera causa del fenomeno.

**Modulo M parte di percorso in cui si evidenzia la variabilità dei fenomeni e i parametri che li influenzano.**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi il quesito: "perché se si butta il sale nell'acqua che bolle, questa smette di bollire?". I ragazzi devono rispondere individualmente per iscritto alla domanda.

fase 2: i ragazzi devono esplicitare le proprie risposte all'interno di piccoli gruppi e quindi giungere ad una soluzione condivisa.

fase 3: ogni gruppo espone le proprie risposte condivise.

fase 4: il gruppo classe condivide una risposta unica. Molto probabilmente la risposta sarà che il sale abbassa la temperatura e quindi l'acqua smette di bollire (misconcezione).

**Modulo N parte del percorso successivo al precedente in cui si osserva e si descrive il fenomeno: "innalzamento ebullioscopico" (modulo da svolgersi in laboratorio).**

fase 1: l'insegnante prepara due identici recipienti contenenti acqua distillata, di cui uno dei due è saturato con cloruro di sodio. Entrambi i recipienti sono posti contemporaneamente su due identici fornelli a gas e portati ad ebollizione. Uno dei due contenitori inizierà a bollire per primo.

fase 2: i ragazzi, individualmente, devono descrivere il fenomeno osservato in sequenza ordinata.

fase 3: i ragazzi, divisi in piccoli gruppi, devono condividere la descrizione del fenomeno.

fase 4: per mezzo di una discussione collettiva, si arriva ad una descrizione collettiva da cui deve emergere la vera causa del fenomeno.

**Modulo O parte di percorso in cui si inizia a mettere a punto una definizione delle soluzioni nella loro interezza, ampliando gli esempi presi in considerazione, con introduzione di nuovi termini specifici.**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi la domanda: "Cosa succede se si mette sabbia nell'acqua?". I ragazzi devono esporre individualmente per iscritto il fenomeno.

fase 2: i ragazzi, divisi in gruppi, confrontano le proprie descrizioni e giungono ad una risposta condivisa.

fase 3: in una discussione collettiva, si giunge ad una descrizione condivisa.

fase 4: verifica della conclusione condivisa tramite osservazione del fenomeno da cui emergerà il fatto che non tutti i solidi in acqua si comportano come il sale, cioè non tutte le sostanze solide si sciolgono in acqua creando una soluzione.

**Modulo P parte di percorso in cui si continua a mettere a punto una definizione del fenomeno "soluzioni" nella sua completezza, ampliando gli esempi anche ai casi liquido-liquido per non creare il misconcetto che le soluzioni si ottengano solamente tra solido e liquido.**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi il quesito: "Cosa succede se si mescola l'acqua con l'olio?". I ragazzi devono descrivere per iscritto il fenomeno.

fase 2: i ragazzi, poi, divisi in gruppi, confrontano le proprie spiegazioni e giungono ad una esposizione condivisa.

fase 3: in una discussione collettiva, si giunge ad una descrizione condivisa.

fase 4: verifica della conclusione condivisa tramite osservazione del fenomeno.

**Modulo Q parte di percorso in cui si osservano ulteriori esempi per specificare ulteriormente la definizione di soluzione e per rendere consapevoli della variabilità del fenomeno osservato nel modulo precedente (per non creare il misconcetto che in acqua tutti i liquidi si comportino come l'olio).**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi la domanda: "Cosa succede se si mescola l'acqua e vino?". I ragazzi devono descrivere per iscritto il fenomeno, richiamando la loro esperienza personale.

fase 2: i ragazzi, poi, divisi in gruppi, confrontano le proprie descrizioni e giungono ad una soluzione condivisa.

fase 3: in una discussione collettiva, si giunge ad una esposizione condivisa.

fase 4: discussione della spiegazione condivisa e conseguente precisazione della definizione di soluzione.

**Modulo R parte di percorso conclusiva in cui si riassume quanto emerso dai precedenti moduli.**

fase 1: l'insegnante propone ai ragazzi la domanda: "Come definiresti una soluzione e quali sono le sue principali caratteristiche?". I ragazzi devono rispondere individualmente per iscritto alla domanda.

fase 2: i ragazzi, poi, divisi in gruppi, confrontano le proprie risposte e giungono ad una definizione condivisa all'interno del gruppo.

fase 3: in una discussione collettiva, si giunge ad una definizione e ad una elencazione di proprietà condivise da tutti i ragazzi, che contemplino quanto osservato in ogni precedente modulo.

**G.****Obiettivi:**

- ....

- capacità di effettuare previsioni sulla reversibilità del fenomeno;

- capacità di individuare differenze e/o analogie attraverso il confronto con altri fenomeni

- capacità di individuare differenze e/o analogie attraverso il confronto con altri fenomeni

**Modulo E (dopo il modulo D precedente): funzionale ad avviare i ragazzi alla capacità di usare in maniera appropriata un certo numero di termini**

fase 1: l'insegnante, eventualmente utilizzando spunti emersi dall'attività svolta precedentemente, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda "Secondo te, il fenomeno della dissoluzione, continua ad avvenire se continuiamo ad aggiungere gradualmente cloruro di sodio all'acqua?"

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna i punti che

accomunano le diverse previsioni e giunge alla messa a punto di un'unica ipotesi. Un possibile risultato di questa definizione potrebbe essere: "Ad un certo punto l'acqua non potrà più sciogliere il sale".

**MODULO F (fa seguito al modulo E precedente): Realizzazione dell'esperienza**

L'insegnante mostra ai ragazzi come il fenomeno della dissoluzione non sia realizzabile con qualsiasi quantità di acqua e sale effettuando un'esperienza (o se possibile facendo sperimentare direttamente ai ragazzi divisi in gruppi) avvalendosi di: contenitore in vetro trasparente, cloruro di sodio, acqua.

La procedura dovrebbe prevedere l'aggiunta ripetuta all'acqua presente nel contenitore di modeste quantità di cloruro di sodio ogni qual volta si sia completamente disciolta la dose precedente.

Quando il cloruro di sodio non si "scioglie più" si può introdurre, a spiegazione del fenomeno, il concetto di saturazione.

Tenendo comunque presente i tempi necessari alla dissoluzione, data una temperatura ambiente media (18 - 20°C), sarebbe forse opportuno effettuare osservazioni e eventuali aggiunte di cloruro di sodio cadenziate, in parallelo allo svolgimento di altri possibili moduli.

In alternativa si potrebbe pensare di velocizzare il processo "mescolando" la soluzione con un normale cucchiaino da cucina.

**Alternativa al MODULO F precedente: Realizzazione dell'esperienza**

L'insegnante mostra ai ragazzi come il fenomeno della dissoluzione non sia realizzabile con qualsiasi quantità di acqua e sale effettuando un'esperien-

## Speciale: la chimica nelle SSIS

za (o se possibile facendo sperimentare direttamente ai ragazzi divisi in gruppi) avvalendosi di: contenitore in vetro trasparente, cloruro di sodio, acqua ed eventualmente fornello (tipo bunsen o elettrico) e bilancia (il più precisa possibile).

La procedura prevede l'utilizzo di due contenitori identici in cui sono introdotte uguali quantità di acqua e cloruro di sodio.

Uno dei preparati è posto sulla fonte di calore, velocizzando così il processo di dissoluzione (come già trattato nel modulo B).

Le quantità di cloruro di sodio aggiunte ad entrambi i contenitori sono pesate e registrate su un "diario".

Quando il cloruro di sodio non si "scioglie più" si può introdurre, a spiegazione del fenomeno, il concetto di saturazione.

La soluzione lasciata a temperatura ambiente avrà naturalmente bisogno di tempi più lunghi per cui sarebbe forse opportuno effettuare osservazioni e eventuali aggiunte di cloruro di sodio cadenziate, in parallelo allo svolgimento di altri possibili moduli.

L'analisi del diario congiunta all'osservazione del fenomeno metterà in evidenza come la temperatura, in questo caso, innalzi il punto di saturazione (anche se, in effetti, altre sostanze variano maggiormente la loro solubilità al variare la temperatura, e quindi potrebbero essere più utili per evidenziare l'andamento della solubilità rispetto alla T).

### ➤ Percorso 2

#### **Modulo B: funzionale a far giungere i ragazzi alla definizione del fenomeno**

L'insegnante, dopo aver rilevato che il fatto che il sale da cucina si scioglie nell'acqua viene espresso di solito affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di sostanza solubile. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase:

Si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) è solubile in un liquido (per esempio l'acqua) quando .....

Anche in questo caso il modo di procedere potrebbe essere configurato secondo la sequenza: esercitazione scritta individuale, lavoro di gruppo, discussione generale con conclusione condivisa.

Poiché il fenomeno dello sciogliersi di una sostanza in un'altra viene denominato con il termine "solubilità", possiamo definire la solubilità come la proprietà di scomparire alla vista da parte di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido

### ➤ Percorso 3

#### **Modulo B: funzionale ad avviare i ragazzi alla capacità di effettuare previsioni sulla reversibilità del fenomeno**

fase 1: l'insegnante, eventualmente utilizzando spunti emersi dall'attività svolta, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda "Secondo te, avvenuto il fenomeno della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua, come è possibile riottenere il sale che abbiamo sciolto in partenza?"

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse previsioni e giunge alla messa a punto di una o più sequenze operative

#### **Modulo C (fa seguito al modulo B precedente): Realizzazione dell'esperienza**

Probabilmente saranno emerse più sequenze operative realizzabili al fine di riottenere il sale sciolto in partenza (per esempio facendo evaporare l'acqua lasciandola esposta ai raggi solari oppure facendola evaporare per ebollizione...).

L'insegnante mostra ai ragazzi come il fenomeno della dissoluzione sia reversibile effettuando una o più sperimentazioni (o se possibile facendo sperimentare direttamente ai ragazzi divisi in gruppi) e avvalendosi di: contenitore in vetro trasparente, cloruro di sodio, acqua, fornello (tipo bunsen o elettrico).

Le esperienze saranno effettuate in una serie di moduli C (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>,...) da tutti gli studenti.

Un recipiente con acqua in cui sia stata sciolta una certa quantità di cloruro di sodio viene posto sulla/esposto alla fonte di calore finché tutta l'acqua non evapora.

I ragazzi potranno osservare come sul fondo del contenitore si ritrovi il cloruro di sodio.

#### **Modulo X (da realizzare alla fine di uno dei percorsi sopra descritti): funzionale ad avviare i ragazzi alla capacità di individuare differenza e/o analogie attraverso il confronto con altri fenomeni**

fase 1: l'insegnante, richiamando alla mente l'attività svolta sulla dissoluzione del cloruro di sodio in acqua, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda "Se metto della sabbia in un recipiente con dell'acqua, secondo te cosa accade?"

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse previsioni e giunge alla messa a punto di un'unica ipotesi

#### **Modulo X<sub>1</sub> (fa seguito al modulo X): Realizzazione dell'esperienza**

L'insegnante mostra ai ragazzi come il fenomeno della dissoluzione non avvenga mettendo sabbia in un recipiente contenente acqua effettuando una sperimentazione (o se possibile facendo sperimentare direttamente ai ragazzi divisi in gruppi).

Si avvale quindi di semplici materiali quali contenitore in vetro, sabbia e acqua.

#### **Modulo X<sub>2</sub> (fa seguito al modulo X<sub>1</sub>):**

fase 1: l'insegnante, richiamando alla mente l'attività appena svolta, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda "Com'è possibile riottenere la sabbia aggiunta in partenza?"

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse previsioni e giunge alla messa a punto di una o più sequenze operative.

#### **Modulo X<sub>3</sub> (fa seguito al modulo X<sub>2</sub>): Realizzazione dell'esperienza**

Probabilmente saranno emerse più sequenze operative realizzabili al fine di riottenere aggiunta in partenza (portare ad evaporazione l'acqua, oppure,

più semplicemente filtrare il contenuto del recipiente....).

Le esperienze saranno effettuate in una serie di moduli  $X_3$  da tutti gli studenti possibilmente divisi in gruppi.

#### Modulo $X_4$ (fa seguito al modulo $X_3$ ):

fase 1: l'insegnante, richiamando alla mente l'attività appena svolta, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda "Quali analogie e/o differenze hai osservato con l'esperienza di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua?"

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse previsioni e giunge alla messa a punto di un'unica serie di analogie e differenze

#### N.B. La strutturazione dei moduli qua riportata è solo ipotetica, si potrebbero riorganizzare anche in percorsi diversi.

### H.

#### Introduzione

Nello stilare i singoli moduli in successione, non ho fatto di proposito alcun riferimento alla durata complessiva dell'argomento e, di conseguenza, dei singoli moduli per due motivi:

- in primo luogo, ritengo che i tempi potranno essere molto diversi a seconda del livello di reazione e di prontezza della classe all'argomento (che può risultare più o meno rapido);

- in secondo luogo, l'elenco indicato potrebbe essere eseguito in maniera più o meno completa (e rispecchiare più o meno fedelmente la successione indicata) a seconda della variabilità dei requisiti e delle esigenze della classe stessa.

Ho, perciò, di proposito sviluppato molti moduli in quanto si possa avere anche la possibilità di scegliere solamente una parte di questi, in riferimento alle specifiche preconoscenze e agli eventuali misconcetti presenti nei singoli allievi.

Se nell'affrontare la sequenza di moduli la lezione cambiasse, per ogni modulo vale il fatto che all'inizio della lezione successiva ci sia un breve riassunto dei moduli precedenti, eventualmente sfruttando anche l'aiuto di un paio di alunni.

Nell'allegato "B—Sequenza moduli .jpg" è rappresentata la progressione complessiva dei moduli, la quale indica come essi potrebbero essere proposti in classe secondo una successione temporale.

#### Obiettivi

Avvio alla:

1. ....
2. capacità di riconoscere le principali leggi che governano il fenomeno;
3. capacità di dedurre collegamenti trasversali fra il fenomeno osservato e le differenti materie oggetto di studio;
4. capacità di correlare esempi comuni della realtà al fenomeno osservato

#### Modulo $E_{1a}$ , $E_{1b}$ , $E_{1c}$ , ... (successivo a ciascuno dei moduli $D_{1a}$ , $D_{1b}$ , $D_{1c}$ , ... precedenti) funzionale ai ragazzi a far raggiungere la capacità di descrivere in sequenza ordinata il fenomeno che si realizza

- fase 1: l'insegnante consegna un foglio su cui ogni alunno, individualmente, dovrà descrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato nel modulo precedente

- fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi per confrontare le personali descrizioni in modo da arrivare ad una descrizione comune

- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente la conclusione condivisa e l'insegnante scrive alla lavagna le tracce delle singole esposizioni, evidenziando ciò che le accomuna e ciò che le distingue

- fase 4: si effettua una discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica descrizione, scritta in sequenza ordinata e condivisa, del particolare fenomeno osservato

**Nota:** Per quanto riguarda la rapidità più o meno evidente del fatto che il sale si possa sciogliere in acqua, il discorso potrebbe, nell'eventualità, addentrarsi maggiormente nei particolari nel caso in cui venisse evidenziato (all'interno del modulo  $B_1$ ) e sperimentato (nei successivi moduli) il fattore riguardante le dimensioni del sale.

#### Modulo $F_1$ (dopo il modulo $E_1$ avente come tema le dimensioni del sale) funzionale ai ragazzi ad approfondire il tema: "dissoluzione del cloruro di sodio in acqua" in funzione del fattore "dimensione del sale".

(Questo modulo non sarà seguito da un modulo specifico sull'osservazione del fenomeno in quanto l'esperienza pratica sulle dimensioni del sale è già stata costruita dai ragazzi nel modulo  $D_1$ ). Funzionale, inoltre, a far emergere collegamenti interdisciplinari (con geometria solida)

- fase 1: l'insegnante chiede ai ragazzi di rispondere individualmente su un foglio personalizzato alla seguente domanda: "Riflettendo su quanto visto nei moduli precedenti e tenendo anche in considerazione il fatto che il sale immerso in acqua inizia a sciogliersi a partire dalla sua superficie, spiega il motivo per il quale, a tuo avviso, a parità di peso, è più rapido a sciogliersi in acqua il sale di dimensioni inferiori rispetto al sale di dimensioni maggiori."

- fase 2: gli alunni, dopo aver risposto alla domanda individualmente, vengono divisi in piccoli gruppi al fine di confrontare le risposte, arrivando ad evidenziare le eventuali differenze ed analogie emerse su un foglio appositamente consegnato dall'insegnante

- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente il risultato condiviso, l'insegnante scrive alla lavagna le eventuali differenze emerse

- fase 4: si effettua una discussione generale che porterà alla formulazione della risposta corretta, trascritta dall'insegnante alla lavagna

Partendo dal fatto che l'acqua "bagna" (e quindi scioglie) il sale solo sulla superficie, dalla discussione conclusiva di gruppo della "fase 4" di quest'ultimo modulo, dovrà emergere il fatto che "a parità di peso, il sale 'fino' espone all'acqua più superficie rispetto alla stessa quantità di sale 'grosso'. È per questa ragione, quindi, che il sale 'fino' si scioglie con più rapidità."

Questa conclusione può essere una efficace introduzione alla comprensione del più generale concetto del "Rapporto fra Superficie e Volume" in funzione delle dimensioni (collegamento interdisciplinare con **geometria solida**).

#### INTERDISCIPLINARITÀ

La comprensione di questo concetto, in futuro, potrebbe risultare utile agli alunni anche nel momento in cui affronteranno in "fisiologia animale" o in "ecologia" l'argomento della dispersione del calore in funzione delle dimensioni dell'animale, al fine di comprendere che l'animale di piccole dimensioni disperde più calore di quello di grandi dimensioni in quanto risulta essere più grande il rapporto superficie/volume. Ne consegue che le dimensioni maggiori di una specie animale sono raggiunte nelle parti più fredde dell'area di distribuzione.

La comprensione di questo concetto, inoltre, potrà essere utile alla comprensione della rapidità più o meno elevata di una sostanza nei **passaggi di stato**.

Eviterei invece di approfondire il fatto che la temperatura condiziona la solubilità del sale da cucina in acqua in quanto tra  $0^\circ\text{C}$  e  $100^\circ\text{C}$  la quantità

di cloruro di sodio che si può disciogliere in più nell'acqua è minima e, quindi, tale differenza di solubilità non risulterebbe facilmente distinguibile fra le due situazioni limite.

#### **Modulo C<sub>2</sub> (successivo al modulo B<sub>2</sub>) funzionale ai ragazzi alla comprensione e alla conseguente acquisizione di nuovi termini**

- fase 1: l'insegnante tenendo in considerazione il fatto che la solubilità è stata precedentemente definita come "la proprietà di 'scompare alla vista' da parte di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido", chiede agli alunni di rispondere individualmente, scrivendo su un foglio personalizzato, alla seguente domanda: "Partendo dal fatto che nell'acqua si sia già sciolta una certa quantità di sale, cosa accadrebbe se si continuassero ad aggiungere ulteriori quantità di sale nell'acqua?"
- fase 2: gli alunni dopo aver risposto individualmente alla domanda vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni condivise e quelle non condivise
- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente le conclusioni condivise e quelle non condivise, l'insegnante prende nota alla lavagna di quanto esposto
- fase 4: l'insegnante trascrive alla lavagna i differenti punti di vista emersi durante l'esposizione dei singoli gruppi

#### **Modulo D<sub>2</sub> (successivo al modulo C<sub>2</sub>) funzionale ai ragazzi affinché possano predisporre dettagliatamente attività pratiche che consentano di verificare le previsioni fatte**

- fase 1: Gli studenti devono scrivere su un foglio personalizzato appositamente consegnato dall'insegnante come mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare quanto emerso in precedenza.
- fase 2: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione
- fase 3: il rappresentante di ogni gruppo legge o espone oralmente l'esperienza prodotta
- fase 4: l'insegnante, in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

#### **Modulo E<sub>2</sub> (dopo il modulo D<sub>2</sub> precedente) funzionale ai ragazzi alla realizzazione di un'attività pratica che consenta di verificare le previsioni fatte**

**Realizzazione dell'esperienza, materiale necessario, ... ..**

#### **Modulo F<sub>2</sub> (dopo il modulo E<sub>2</sub> precedente) funzionale ai ragazzi a raggiungere la capacità di descrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato**

- fase 1: l'insegnante consegna un foglio personalizzato su cui ogni alunno, individualmente, dovrà descrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato nel modulo precedente
- fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi per confrontare le personali descrizioni in modo da arrivare ad una descrizione comune
- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente la conclusione condivisa e l'insegnante scrive alla lavagna le tracce delle singole esposizioni, evidenziando ciò che le accomuna e ciò che le distingue
- fase 4: si effettua una discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica descrizione, scritta in sequenza ordinata e condivisa, del particolare fenomeno osservato

#### **Modulo G<sub>2</sub> (dopo il modulo F<sub>2</sub> precedente) funzionale a far giungere i ragazzi alla definizione di particolari aspetti del fenomeno**

- fase 1: l'insegnante dopo aver esplicitato il fatto che la soluzione, composta da acqua e sale, nel momento in cui non è più in grado di sciogliere ulteriori quantità di sale, si dice *satura*, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di soluzione satura completando individualmente, ognuno su un proprio foglio personalizzato e consegnato dall'insegnante, la seguente frase: "Si dice che una soluzione liquida (ad esempio formata da acqua e sale da cucina) è satura nei confronti della sostanza solida disciolta in essa (il sale), quando ....."
- fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi per confrontare e scrivere su un foglio appositamente consegnato dall'insegnante, le conclusioni individuali condivise e quelle non condivise
- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente le conclusioni condivise e quelle non condivise, l'insegnante trascrive alla lavagna i punti di vista emersi
- fase 4: si effettua una discussione generale che dovrebbe portare ad una definizione generale condivisa e l'insegnante scrive alla lavagna la conclusione condivisa da tutti

Il risultato finale potrebbe essere quello di definire una soluzione satura in questo modo: "Si dice che una soluzione liquida (ad esempio formata da acqua e sale da cucina) è satura nei confronti della sostanza solida disciolta in essa (il sale), quando questa **non possiede più** la proprietà di 'scompare alla vista' e si deposita sul fondo del recipiente.

#### **Percorso alternativo**

#### **Modulo C<sub>3</sub> (alternativa al modulo C<sub>2</sub> e successivo al modulo B<sub>2</sub>) funzionale ai ragazzi alla comprensione del fenomeno e delle principali leggi che lo governano (ad esempio la legge di conservazione della massa)**

- fase 1: l'insegnante, utilizzando gli spunti emersi dalla discussione precedente chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "Il sale sciolto in acqua, secondo quanto affermato in precedenza, scompare alla vista. A tuo avviso, è possibile o non è possibile separare di nuovo il sale dall'acqua? Motiva la tua risposta e fai un esempio che chiarisca ciò che hai affermato."
- fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda su un foglio personalizzato, vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni condivise e quelle non condivise
- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante che legge o espone oralmente le conclusioni condivise e quelle non condivise
- fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le differenti modalità elencate

#### **Modulo D<sub>3</sub> (dopo il modulo C<sub>3</sub> precedente) funzionale ai ragazzi alla realizzazione di un'attività pratica che consenta di verificare le previsioni fatte**

- fase 1: scelta di una delle modalità trascritte alla lavagna
- fase 2: l'insegnante consegna ad ogni alunno un foglio personalizzato su cui trascrivere un'esperienza che verifichi la validità delle previsioni
- fase 3: gli alunni divisi in gruppi confrontano le proprie idee e mettono a punto un'esperienza condivisa, esplicitando anche le eventuali divergenze emerse
- fase 4: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente l'esperienza prodotta
- fase 5: l'insegnante, in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse esperienze proposte e giunge ad un'unica sequenza operativa

#### **Modulo E<sub>3</sub> (dopo il modulo D<sub>3</sub> precedente) funzionale ai ragazzi alla realizzazione di un'attività pratica che consenta di verificare le previsioni fatte**

**... realizzazione dell'esperienza, materiale necessario, ... ..**

**Modulo F<sub>3</sub> (dopo il modulo E<sub>3</sub> precedente) funzionale ai ragazzi a raggiungere la capacità di descrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato**

- fase 1: l'insegnante consegna un foglio su cui ogni alunno, individualmente, dovrà descrivere in sequenza ordinata il fenomeno osservato nel modulo precedente
- fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi per confrontare le personali descrizioni in modo da arrivare ad una descrizione comune
- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente la conclusione condivisa e l'insegnante scrive alla lavagna le tracce delle singole esposizioni, evidenziando ciò che le accomuna e ciò che le distingue
- fase 4: si effettua una discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica descrizione, scritta in sequenza ordinata e condivisa, del particolare fenomeno osservato

**Modulo X funzionale agli alunni al raggiungimento della capacità di correlare esempi comuni della realtà con il fenomeno osservato**

- fase 1: l'insegnante consegna individualmente ad ogni studente un foglio personalizzato in cui individualmente ognuno deve rispondere alla seguente domanda: "Individua nella tua esperienza quotidiana una o più sostanze solide che, a tuo avviso, si comportano come il sale da cucina se vengono mescolate in acqua"
- fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi in modo da confrontare le personali conclusioni trascrivendole su un foglio consegnato dall'insegnante
- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente l'elenco delle sostanze condivise e quelle non condivise; l'insegnante trascrive alla lavagna tutte le sostanze elencate
- fase 4: discussione generale che dovrebbe condurre ad una elencazione di sostanze che si comportano come il cloruro di sodio in acqua.

**Modulo Y funzionale agli alunni al raggiungimento della capacità di correlare esempi comuni della realtà con il fenomeno osservato**

- fase 1: l'insegnante consegna individualmente ad ognuno degli studenti un foglio personalizzato in cui devono rispondere alla seguente domanda: "Individua nella tua esperienza quotidiana una o più sostanze solide che, a tuo avviso, NON si comportano come il sale da cucina se vengono mescolate in acqua"
- fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi in modo da confrontare le personali conclusioni trascrivendole su un foglio consegnato dall'insegnante
- fase 3: ogni gruppo elegge un rappresentante il quale legge o espone oralmente l'elenco delle sostanze condivise e quelle non condivise; l'insegnante trascrive alla lavagna tutte le sostanze elencate
- fase 4: discussione generale che dovrebbe condurre ad una elencazione di sostanze che NON si comportano come il cloruro di sodio in acqua

**Modulo Z (come modulo conclusivo) funzionale ai ragazzi all'utilizzo in maniera appropriata di un certo numero di termini**

- fase 1: l'insegnante consegna ad ogni studente un foglio personalizzato in cui, individualmente, ognuno dovrà elencare riassumendole le proprietà delle soluzioni, ripercorrendo quanto visto nei moduli precedenti e cercando di utilizzare la terminologia che ritiene più appropriata
- fase 2: l'insegnante divide gli alunni in piccoli gruppi e consegna loro un foglio in cui dovranno scrivere le opinioni condivise e quelle non condivise
- fase 3: ogni piccolo gruppo elegge un rappresentante che legge o espone oralmente alla classe i risultati ottenuti; l'insegnante trascrive alla lavagna i punti principali delle descrizioni espresse
- fase 4: discussione generale che porti ad una conclusione

**I.**

**Obiettivi**

Avvio alla:

- .....

- capacità di individuare le caratteristiche degli oggetti per poterli classificare
- capacità di utilizzare correttamente strumenti di misura e attrezzature
- capacità di rivalutazione critica delle previsioni effettuate
- capacità di trarre semplici conclusioni dall'analisi-osservazione di un fenomeno
- capacità di relazionare su interventi, attività ed avvenimenti
- capacità di collaborare con gli altri rispettando le opinioni e apportando un contributo personale
- capacità di collegare le problematiche studiate con le loro implicazioni nella vita quotidiana

**Modulo 1**

fase 1: Gli alunni entrano in classe e trovano sulla cattedra un contenitore ciascuno (bicchieri, recipienti vari). I contenitori sono di plastica trasparente, contrassegnati dal nome, tra loro diversi come forma e/o dimensione e contenenti un uguale volume di liquido incolore. L'insegnante consegna un foglio personalizzato a ciascun alunno e chiede di rispondere alla seguente domanda: "Cosa osservi sulla cattedra?". Il foglio sarà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente vengono divisi in piccoli gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori emersi dai gruppi nell'ambito dell'osservazione effettuata. I dati osservati saranno utilizzati per attuare un processo di classificazione. Si può classificare per forma, per dimensione, uso, contenuto .....

fase 5: Al termine della lezione i contenitori sono posti in una parte dell'aula sicura e soleggiata. L'esperienza sarà poi ripresa nei giorni successivi.

**Osservazioni**

Gli alunni arriveranno ad individuare un certo numero di caratteristiche legate alla struttura, alla funzione e al contenuto dell'oggetto. Alcune di queste saranno comuni ed altre varieranno a piacere.

Un esempio interessante è la comparazione tra un contenitore alto e stretto e uno basso e largo, infatti i bambini in genere prevedono che quello alto e stretto contenga un maggiore quantitativo di acqua. Tutti questi fattori dovranno emergere ed essere chiariti durante i confronti e le discussioni che fanno seguito alle osservazioni individuali e di gruppo.

Probabilmente molti degli alunni sosterranno che il liquido presente nei contenitori è acqua, altri penseranno ad altre generiche sostanze, mentre nessuno di loro penserà ad una soluzione.

**Modulo 2**

fase 1: L'insegnante chiede agli alunni di osservare, il contenuto presente nei recipienti. A tal fine viene loro consentito di utilizzare vista, tatto, gusto e olfatto. Successivamente consegna un foglio personalizzato a ciascun alunno e chiede di rispondere alla seguente domanda: "Noti qualcosa di diverso nel contenuto del tuo recipiente? Se sì, secondo te perché?". Il foglio verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda, vengono divisi negli stessi gruppi della lezione precedente per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio

## Speciale: la chimica nelle SSIS

successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo (possibilmente non lo stesso della lezione precedente), espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori emersi dai gruppi nell'ambito dell'osservazione effettuata.

### Osservazioni

Probabilmente a questo punto alcuni alunni arriveranno a dire che il liquido è evaporato (o forse solo che è "sparito", o si è "asciugato"), e che nel contenitore, pur non vedendosi, era presente un'altra sostanza, forse sale.

### Modulo3

fase 1: L'insegnante informa gli alunni del contenuto iniziale del liquido (acqua e sale puro). Mostra quindi un cucchiaino colmo di sale che viene

parzialmente immerso in pelo d'acqua e di cui prontamente viene disciolta una parte. L'insegnante consegna un foglio personalizzato a ciascun alunno e chiede di descrivere le osservazioni effettuate. Il foglio verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente, vengono divisi negli stessi gruppi della lezione precedente per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo (possibilmente non lo stesso della lezione precedente), espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori emersi dai gruppi nell'ambito dell'osservazione effettuata.

### Modulo4

fase 1: L'insegnante, dopo aver rilevato che il fatto che il sale da cucina si scioglia nell'acqua viene espresso di solito affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di sostanza solubile. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase: si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) è solubile in un liquido (per esempio l'acqua) quando .....

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda, vengono divisi negli stessi gruppi della lezione precedente per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo (possibilmente non lo stesso della lezione precedente), espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: Discussione generale che porta al raggiungimento di una conclusione condivisa.

Poiché il fenomeno dello sciogliersi di una sostanza in un'altra viene denominato con il termine "solubilità", possiamo definire la solubilità come la proprietà di scomparire alla vista da parte di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido.

### Modulo 5

fase 1: L'insegnante, utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "Il fenomeno di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua può essere più o meno rapido; secondo il tuo punto di vista, il fatto che il cloruro di sodio si possa sciogliere più o meno rapidamente, da che cosa dipende?" Il foglio verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente, vengono divisi in gruppi diversi rispetto alle lezioni precedenti, per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi come influenzanti la maggiore o minore rapidità di avvenimento del processo.

### Osservazioni

I metodi trovati per aumentare la velocità con la quale si discioglie il sale saranno riferiti a ricordi di vita quotidiana, quindi probabilmente riguarderanno fattori quali mescolare, riscaldare e ridurre in polvere. L'insegnante a questo punto utilizzerà le esperienze più significative per il raggiungimento dello scopo avendo a disposizione solo sale e acqua.

### Modulo 6

fase 1: Scelta di uno dei fattori influenzante la velocità di dissoluzione del sale in acqua.

fase 2: L'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercitazione scritta individuale.

fase 3: Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione.

fase 4: Il rappresentante di ogni gruppo (possibilmente non lo stesso della lezione precedente), espone l'esperienza prodotta.

fase 5: L'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

### Modulo 6A

Ogni gruppo ha a disposizione due recipienti di plastica trasparenti, graduati e contrassegnati rispettivamente dalla lettera A e B, carta per effettuare le pesate, una bottiglietta d'acqua e un pacchetto di sale grosso.

Sulla cattedra è presente una bilancia di precisione.

fase 1: L'insegnante divide gli alunni in gruppi da tre ciascuno e chiede ad ogni rappresentante di pesare una data quantità di sale grosso.

fase 2: L'insegnante utilizza un frullatore per sminuzzare lo stesso quantitativo di sale e successivamente passa tra i gruppi e ne lascia un campione ciascuno.

fase 3: Ogni gruppo, travasa un ugual volume di acqua in due recipienti A e B.

Due componenti del gruppo versano contemporaneamente le due quantità di sale grosso e di sale fino rispettivamente nel recipiente A e nel recipiente B, mentre il terzo trascrive su un foglio in sequenza ordinata l'attività che stanno realizzando.

fase 4: Il rappresentante di ogni gruppo (possibilmente non lo stesso della lezione precedente), espone l'esperienza prodotta.

fase 5: Discussione collettiva e raggiungimento di un'opinione condivisa per interpretare i dati raccolti.

### Osservazioni:

Al termine dell'esperienza ogni alunno riesce individualmente ad analizzare criticamente le ipotesi effettuate, giungendo alla conclusione che, come previsto, il diminuire delle dimensioni del sale comporta un aumento nella velocità di dissoluzione.

### Modulo 7

fase 1: Scelta di uno dei fattori influenzante la velocità di dissoluzione del sale in acqua.

fase 2: L'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercita-

zione scritta individuale.

fase 3: Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione.

fase 4: Il rappresentante di ogni gruppo (possibilmente non lo stesso della lezione precedente), espone l'esperienza prodotta.

fase 5: L'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

#### Modulo 7A

Ogni gruppo ha a disposizione due recipienti trasparenti, graduati e contrassegnati rispettivamente dalla lettera A e B, contenenti uno stesso volume d'acqua, carta per effettuare le pesate, un pacchetto di sale puro e due cucchiaini.

Sulla cattedra è presente una bilancia di precisione.

fase 1: L'insegnante divide gli alunni in gruppi da tre ciascuno e chiede ad ogni rappresentante di pesare due quantità uguali di sale puro.

fase 2: Successivamente due componenti del gruppo versano contemporaneamente i due campioni di sale rispettivamente nel recipiente A e nel recipiente B. Uno dei due alunni è incaricato di agitare vigorosamente il contenuto del bicchiere B. Intanto il terzo componente trascrive su un foglio in sequenza ordinata l'attività che stanno realizzando. L'insegnante dice loro di osservare attentamente ciò che accade nei due recipienti.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo (possibilmente non lo stesso della lezione precedente), espone l'esperienza prodotta.

fase 4: Discussione collettiva e raggiungimento di un'opinione condivisa per interpretare i dati raccolti.

#### Osservazioni

Al termine dell'esperienza ogni alunno riesce ad analizzare criticamente le ipotesi effettuate, giungendo alla conclusione che gli esperimenti effettuati evidenziano un aumento nella velocità di dissoluzione causata dal mescolamento.

Alcuni degli alunni probabilmente non peseranno la quantità esatta di sale e ne aggiungeranno troppo, finché, pur mescolando vigorosamente, esso si depositerà sul fondo del recipiente senza sciogliersi.

#### Modulo 8

fase 1: L'insegnante consegna un foglio personalizzato a ciascun alunno e chiede di rispondere alla seguente domanda: "Come mai secondo te in alcuni bicchieri il sale è rimasto sul fondo?" Il foglio verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente, vengono divisi in gruppi diversi rispetto alle lezioni precedenti, per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le risposte emerse dai gruppi e si raggiunge una opinione condivisa da tutta la classe.

#### Osservazioni

La maggior parte degli alunni risponderanno probabilmente dicendo: "perché ce n'è troppo". In questo modo si renderanno conto che c'è un limite alla quantità di sale che può essere disciolto.

#### Modulo 8A

Ogni gruppo ha a disposizione un bicchiere di plastica trasparente, un pennarello indelebile, sale puro, un cucchiaino.

fase 1: L'insegnante divide gli alunni in piccoli gruppi. Vengono numerati i bicchieri in modo progressivo con un pennarello indelebile.

fase 2: L'insegnante dopo avere riempito i bicchieri di ciascun gruppo con una stessa quantità di acqua, spiega che verrà effettuata una sorta di gara. I gruppi verseranno in successione (stabilita da estrazione a sorte) rispettivamente un cucchiaino, due cucchiaini, tre cucchiaini... di sale puro nei loro bicchieri. Ogni gruppo dovrà attendere che quello precedente abbia terminato di versare il sale e di mescolare bene, e che l'insegnante dia il consenso per iniziare. Il gruppo "vincitore" sarà quello che per primo vedrà il sale depositarsi sul fondo del bicchiere.

fase 3: Al termine dell'esperienza ciascun alunno redigerà individualmente, su di un foglio personalizzato e successivamente consegnato all'insegnante, una relazione sulla sequenza ordinata dell'attività svolta.

fase 4: L'insegnante, ricostituiti i gruppi, chiede di confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 5: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 6: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le risposte emerse dai gruppi e si raggiunge una opinione condivisa da tutta la classe.

#### Modulo 9

fase 1: L'insegnante, dopo aver rilevato il fatto che quando il sale, pur mescolando, rimane sul fondo del recipiente, la soluzione si dice satura, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di soluzione satura. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase: Si dice che una soluzione è satura quando .....

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente, vengono divisi negli stessi gruppi della lezione precedente per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: Discussione generale che porta al raggiungimento di una conclusione condivisa.

Poiché il fenomeno di deposito sul fondo di un recipiente di una sostanza solida, solubile in un liquido in cui viene mescolata, viene spiegato dicendo che la "soluzione è satura", possiamo definire una soluzione satura, quando la sostanza solida non può ulteriormente sciogliersi e precipita.

#### Osservazioni

A questo punto l'insegnante cerca di stimolare gli alunni a collegare il lavoro svolto con possibili fenomeni legati alla vita quotidiana.

#### Modulo 10

fase 1: L'insegnante, consegna un foglio personalizzato a ciascun alunno e chiede di rispondere individualmente alla seguente domanda: "richiamando alla mente le tue precedenti esperienze e i suggerimenti/indicazioni fornite dai tuoi genitori, pensi che gli effetti della dissoluzione del sale in acqua possano essere collegati a qualche evento della tua vita quotidiana?". Il foglio verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente, vengono divisi in gruppi diversi rispetto alle lezioni precedenti, per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

## Speciale: la chimica nelle SSIS

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti gli eventi che sono emersi dai gruppi e sceglierà quelli più rappresentativi.

### Osservazioni

Probabilmente alcuni alunni, ricorderanno che il sale deve essere messo tardi nella pasta perché se no impiega troppo tempo per bollire e che durante l'inverno si usa gettare il sale sulle strade per non fare formare il ghiaccio.

### Modulo 11

fase 1: L'insegnante, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "Secondo te, quali effetti può avere la presenza del sale nell'acqua utilizzata per cuocere la pasta?" Il foglio verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda, vengono divisi negli stessi gruppi della lezione precedente, per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le risposte emerse dai gruppi e si raggiunge una opinione condivisa da tutta la classe.

### Modulo 12

fase 1: L'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercitazione scritta individuale.

fase 2: Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta.

fase 4: L'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

### Modulo 12A

L'esperienza è in questo caso realizzata dall'insegnante.

Materiale occorrente:

un pentolino contenente acqua

un pacchetto di sale puro

un cronometro

un fornello

fase 1: L'insegnante riempie per metà il pentolino con acqua a temperatura ambiente e lo posiziona sopra al fornello. Alcuni alunni hanno l'incarico di cronometrare e di scrivere il tempo impiegato dall'acqua per giungere all'ebollizione, gli altri osservano.

fase 2: L'insegnante riempie nuovamente per metà il pentolino con acqua a temperatura ambiente e vi versa all'interno una certa quantità di sale puro, quindi lo riposiziona sopra al fornello. Alcuni alunni hanno l'incarico di cronometrare e di scrivere il tempo impiegato dall'acqua per giungere all'ebollizione, gli altri osservano.

fase 3: L'insegnante chiede a ciascun alunno di scrivere le proprie osservazioni/conclusioni alla luce dell'attività realizzata su di un foglio personalizzato che verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 4: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente, vengono divisi negli stessi gruppi della lezione precedente per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 5: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 6: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le risposte emerse dai gruppi e si raggiunge una opinione condivisa da tutta la classe.

### Osservazioni:

Al termine dell'esperienza gli alunni verificano che la presenza del sale nell'acqua comporta un aumento del tempo impiegato per arrivare all'ebollizione. Tutto ciò può essere utile per un'eventuale rivalutazione critica delle previsioni effettuate da coloro che sostenevano che la presenza del sale non influenzasse il fenomeno. L'insegnante si preoccuperà poi di spiegare che ciò è dovuto ad un innalzamento della temperatura di ebollizione.

### Modulo 13

fase 1: L'insegnante, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "Secondo te, perché in inverno viene spesso gettato il sale sulle strade?". Il foglio verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 2: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda, vengono divisi in gruppi, per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le risposte emerse dai gruppi e si raggiunge una opinione condivisa da tutta la classe.

### Modulo 14

fase 1: L'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercitazione scritta individuale.

fase 2: Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione.

fase 3: Il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta.

fase 4: L'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

### Modulo 14 A

Questa parte del modulo viene svolta nell'ambito della lezione in cui viene svolto il modulo 14

L'esperienza è in questo caso realizzata dall'insegnante.

Materiale occorrente:

un bastoncino

sale fino

una vaschetta per ghiaccio in cubetti

acqua

un congelatore

fase 1: L'insegnante riempie d'acqua la vaschetta del ghiaccio e poggia su una delle cellette della vaschetta un bastoncino che galleggerà sull'acqua.

fase 2: L'insegnante mette il tutto nel congelatore

**La lezione verrà ripresa nei giorni successivi.**

#### Modulo 14 B

fase 1: L'insegnante ricapitola, aiutato da un paio di alunni, l'attività svolta nella lezione precedente.

fase 2: Un alunno estrae la vaschetta dal congelatore e la porta sulla cattedra.

L'insegnante chiede agli alunni di osservare attentamente, il contenuto presente nella vaschetta: il bastoncino è rimasto imprigionato nel ghiaccio, quindi per recuperarlo più velocemente senza aspettare che il ghiaccio si sciogla, (facendo riferimento a quanto detto nelle lezioni precedenti), cosparge il sale sul cubetto.

fase 3: Gli alunni cronometrano il tempo impiegato dal ghiaccio per sciogliersi e verificano che dopo pochi secondi il bastoncino può essere recuperato, mentre le altre cellette sono ancora ghiacciate.

fase 4: L'insegnante chiede a ciascun alunno di scrivere le proprie osservazioni/conclusioni alla luce dell'attività realizzata su di un foglio personalizzato che verrà poi consegnato all'insegnante.

fase 5: Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente, vengono divisi negli stessi gruppi della lezione precedente per confrontare le conclusioni dei singoli. Un membro del gruppo è incaricato di scrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali su di un foglio successivamente consegnato all'insegnante.

fase 6: Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 7: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutte le risposte emerse dai gruppi e si raggiunge una opinione condivisa da tutta la classe.

#### Osservazioni:

Gli alunni, grazie all'esperienza realizzata in classe, hanno osservato che la presenza del sale sul ghiaccio fa diminuire il tempo impiegato dal ghiaccio per sciogliersi. L'insegnante si preoccupa poi di sottolineare come in realtà l'effetto non sia dovuto, come alcuni alunni hanno ipotizzato, al riscaldamento del ghiaccio provocato dal sale, ma ad un abbassamento del punto di congelamento.

**J. (vedi C)**

**K.**

#### Obiettivi:

Far capire ai ragazzi come la chimica sia molto vicina alla loro realtà quotidiana e non una materia astratta

avvio alla

- ◊ capacità di effettuare previsioni sui parametri che influenzano un fenomeno
- ◊ capacità di predisporre dettagliatamente attività pratiche che consentano di verificare le previsioni fatte
- ◊ capacità di descrivere in sequenza ordinata il fenomeno che si realizza
- ◊ capacità di usare in maniera appropriata un certo numero di termini
- ◊ capacità di mettere a punto una definizione del fenomeno
- ◊ capacità di confrontare criticamente esperimenti diversi riguardanti lo stesso fenomeno
- ◊ capacità di comprendere alcune leggi fondamentali che regolano i fenomeni scientifici (legge di conservazione della massa)
- ◊ capacità di adattare il modello particolare al generale

#### Modulo B: tratto del percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro in una direzione funzionale a far acquisire alcuni degli obiettivi principali che si è proposto

fase 1: l'insegnante, utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente domanda: "il cloruro di sodio si dissolve in acqua, ovvero sparisce dalla vista ma, secondo voi sparisce realmente?"

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise

fase 4: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi come ipotesi sul "destino del sale"

#### Modulo C tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse

(N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di ricapitolare ciò che è stato fatto in precedenza aiutato da un paio di alunni)

##### Modulo C1

fase 1: previsione inerente "la scomparsa" ed "il destino" del cloruro di sodio

fase 2: mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercitazione scritta individuale

fase 3: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione

fase 4: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 5: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

##### Modulo C2

fase 1: previsione inerente la "ricomparsa" del cloruro di sodio

fase 2: mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno. Esercitazione scritta individuale

fase 3: gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione

fase 4: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza prodotta

fase 5: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa

#### Modulo D Realizzazione dell'esperienza

È necessario che gli esperimenti siano:

- contestuali con la parte teorica
- stimolanti (per incoraggiare gli studenti ad affrontare modelli scientifici e leggi che ne conseguono)
- contestuali con la parte teorica

## Speciale: la chimica nelle SSIS

- rigorosi nelle procedure
- chiari nella impostazione e nelle motivazioni
- riproducibili nella esecuzione e nei risultati

### Modulo D1

#### Materiale necessario

- cloruro di sodio (sale da cucina);
- 2 becher uguali
- bacchetta per agitare;
- bilancia con sensibilità 0,01 g.

#### Descrizione della procedura

- Preparare 2 becher con un dato volume, costante, (ad esempio 50 ml) di acqua a temperatura ambiente
- Determinare preliminarmente la massa dei becher + l'acqua che si intende usare.
- Inserire una massa "A", preventivamente pesata di cloruro di sodio nel becher N°1, agitando con una bacchetta e continuando ad aggiungere soluto fino a quando non "scompare".
- Misurare la massa del becher 1 e confrontarla con quella del becher 2
- Verificare se la differenza fra le masse del becher 1 e becher 2 coincide con la massa "A" (Nota: si presuppone che l'argomento "errori sa già stato trattato)

### Modulo D2

#### Materiale necessario

- due becher uguali, termo-resistenti;
- acqua distillata;
- cloruro di sodio (sale da cucina);
- due treppiedi in acciaio;
- due treppiedi in acciaio;
- due fiamme Bunsen;
- due reticelle metalliche frangi-fiamma;
- bacchetta di vetro.

#### Procedimento

- Preparare due becher, di cui si misura preventivamente la massa, con un dato volume, costante (ad esempio 50 ml) di acqua distillata a temperatura ambiente.
- Determinare preliminarmente la massa dei becher + l'acqua che si intende usare.
- Inserire una massa "A", preventivamente pesata di cloruro di sodio, solo nel becher N°1, agitando con una bacchetta e continuando ad aggiungere soluto fino a quando non "scompare".
- Verificare che i contenuti del becher 1 e del becher 2 "sembrano uguali".
- Far evaporare i contenuti dei due becher alla fiamma Bunsen.
- Nel becher 2 non rimane nulla, nel becher 1 si osserva un residuo secco.
- Misurare la massa del residuo secco nel becher 1 (per differenza)
- Si può concludere che nel becher 1, la sostanza apparentemente "scomparsa" era in realtà solo "nascosta".

**Nota** L'esperimento richiede l'uso di fiamme libere e pertanto dovrebbe essere condotto dall'insegnante a scopo dimostrativo adottando le dovute cautele. Sta all'insegnante valutare la possibilità di far eseguire anche queste operazioni dagli studenti

**Modulo E: tratto del percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro in una direzione funzionale a giungere ad una definizione, espressa prima con linguaggio naturale poi, tramite la regia del docente, espressa in linguaggio scientifico.**

## L.

Abbiamo visto come l'apprendimento sia generato da comprensione che a sua volta poggia sul confronto tra ciò che l'alunno già possiede e ciò con cui viene a conoscenza.

Questo confronto sarà positivo se l'apprendente sarà in grado di integrare il nuovo con il preesistente; per far sì che questo si verifichi bisogna tenere conto di due condizioni: la competenza linguistica e i requisiti conoscitivi (=enciclopedia) dei singoli.

Quando sceglie il programma da presentare alla classe, l'insegnante non può prescindere da questi due fattori, per presentare un percorso che risulti accessibile a tutti.

Se riferiamo queste considerazioni alla programmazione scientifica nella scuola penso che si debba mettere l'accento sulle due dimensioni della disciplina: quella macroscopica relativa agli aspetti fenomenologici e quella microscopica che cerca di interpretare i fenomeni sulla base dell'analisi delle strutture.

Nella scuola media ci si dovrebbe tenere all'interno della prima dimensione, facendo il più possibile riferimento a fenomeni riguardanti la vita quotidiana, indagando aspetti che richiedano processi di astrazione e capacità linguistiche commisurati alle competenze possedute dai ragazzi.

Nell'ambito delle **Finalità** comuni a tutte le discipline:

- # avviare alla maturazione dei processi di formazione dei concetti e di astrazione e alla capacità di ragionamento induttivo e deduttivo;
- # avviare all'analisi dei fenomeni della vita quotidiana con l'uso di strumenti adeguati;
- # promuovere lo sviluppo di capacità intuitive e logiche;
- # promuovere lo sviluppo di capacità manuali

l'indagine della dimensione fenomenologica mira ad avviare l'alunno al perseguimento di diversi obiettivi, **trasversali** e specifici della disciplina:

#### Obiettivi specifici

- capacità di descrivere in sequenza ordinata avvenimenti e fenomeni;
- capacità di individuare le variabili di un fenomeno;
- capacità di ipotizzare l'inferenza delle variabili sul processo in studio;
- capacità di progettare un'attività;
- capacità di verificare la validità delle ipotesi fatte;
- capacità di riportare dati in tabella;
- capacità di distinzione tra il descrivere e l'interpretare;
- capacità di osservare, evidenziare analogie o differenze, classificare, generalizzare, sintetizzare;

- capacità di mettere a punto una definizione del fenomeno;
  - capacità di usare in maniera appropriata un certo numero di termini (=capacità linguistiche);
- L'alternare lavoro di gruppo con lavoro individuale permette inoltre di valutare in itinere il raggiungimento di **OBIETTIVI EDUCATIVI**:
- esprimere liberamente le proprie idee nel rispetto di quelle degli altri;
  - acquisire la capacità di lavorare sia autonomamente sia in gruppo apportando contributi personali;
  - eseguire e portare a termine nel tempo stabilito il lavoro progettato,
  - aiutare i compagni e/o accettarne l'aiuto;
  - pervenire all'autocontrollo comportamentale.

Per osservare fenomeni è indispensabile l'uso del laboratorio perché lo sviluppo cognitivo del ragazzo si realizzi attraverso l'interazione tra esperienza – linguaggio – conoscenza.

Per affrontare l'U.D. sono necessari i seguenti **requisiti**:

- conoscenza dei diversi stati di aggregazione della materia
- conoscenza dei passaggi di stato
- percentuali

#### U.D. 1 Esperienza cloruro di sodio e acqua - classe II media

##### I lezione (aula 1 ora)

- 1- L'insegnante richiama alla mente l'esperienza della dissoluzione di sale da cucina in acqua;
- 2- l'insegnante consegna a ciascuno un foglio bianco personalizzato e chiede di:
  - a. - descrivere in cosa consiste la dissoluzione
  - b. - esprimere se esistono dei parametri che possono influenzarla, quali e come;
- 3 - l'insegnante, riuniti gli alunni in gruppi di tre/quattro chiede di confrontare gli elaborati, discuterli e pervenire ad una descrizione comune, che tenga conto di eventuali divergenze, che un rappresentante scriverà su un foglio consegnato dall'insegnante da consegnare al termine.

##### II lezione (aula 1 ora)

1. Esaminate le descrizioni di gruppo, il docente espone alla classe le opinioni condivise e non; scrive alla lavagna quali variabili sono emerse;
2. l'insegnante, riuniti gli alunni in gruppi di tre/quattro, consegna un foglio bianco personalizzato ad ogni gruppo e chiede di predisporre dettagliatamente attività pratiche che consentano di verificare quanto espresso nelle descrizioni, tenendo presente:
  - a. che per ogni parametro ipotizzato va progettata una serie di esperienze volte a validare l'ipotesi fatta;
  - b. il materiale necessario per effettuare le relative esperienze (sale da cucina grosso e fine, recipienti graduati termoresistenti, fornello, retina frangifiamma, bilancia (altrimenti misurino), termometro idoneo, cronometro, calcolatrice, attrezzo per mescolare, carta sottile per effettuare le pesate, carta da filtro, ecc.);
  - c. i tempi di realizzazione;
  - d. la progettazione di tabelle per la raccolta dei dati;
3. L'insegnante, raccolti gli elaborati, avvia e guida la discussione collettiva per la scelta degli esperimenti; al termine scrive alla lavagna quali esperimenti sono stati condivisi, i tempi ed i materiali previsti;
4. Ogni alunno trascriverà sul proprio quaderno l'elenco degli esperimenti e quali materiali è tenuto a procurare, tenuto conto delle risorse della scuola.

##### III lezione (laboratorio 3 ore)

1. Dopo aver raccolto il materiale e averlo disposto sul banco di lavoro, l'insegnante, riuniti gli alunni in gruppi di tre/quattro, assegna ad ogni gruppo un parametro da indagare effettuando l'esperienza stabilita; che potranno essere, per es.:
  - a. concentrazione del sale (quantità totale di sale in grado di "sparire alla vista");
  - b. temperatura dell'acqua;
  - c. dimensioni dei granuli di sale;
  - d. agitazione del soluto;
2. Ogni gruppo dovrà decidere al suo interno i compiti di ognuno: predisporre le sostanze, gli strumenti, prendere appunti, eseguire manualmente le diverse operazioni;
3. al termine ognuno redigerà individualmente, su di un foglio bianco personalizzato, consegnato dall'insegnante, una relazione sulla sequenza ordinata delle fasi della procedura seguita, relativamente al fenomeno osservato, corredata dell'idonea tabella di rilevazione dei dati in percentuale;
4. l'insegnante, ricostituiti i gruppi, chiede di confrontare gli elaborati, evidenziando i risultati divergenti, discuterli e pervenire ad una dettagliata descrizione comune, da consegnare al termine.

##### IV lezione (aula 2 ore)

L'insegnante, esaminati e raccolti gli elaborati in un unico documento, distribuito ad ognuno, avvia e guida la discussione collettiva che porterà alla definizione condivisa di: *soluzione, soluto, solvente, dissoluzione, concentrazione, saturazione, soluzione acquosa*, che scriverà alla lavagna e che ciascuno trascriverà sul proprio quaderno.

##### V lezione (aula 1 ora)

1. L'insegnante consegna ad ognuno un foglio bianco personalizzato e chiede di ipotizzare l'operazione inversa alla dissoluzione del sale in acqua;
2. l'insegnante, riuniti gli alunni in gruppi di tre/quattro chiede di confrontare gli elaborati, discuterli e pervenire ad una ipotesi comune, che tenga conto di eventuali divergenze, da scrivere e consegnare al termine;
3. l'insegnante legge ad alta voce le ipotesi dei gruppi e avvia una discussione collettiva volta a proporre una nuova serie di esperimenti per separare le due sostanze in soluzione;
4. al termine l'insegnante, raccolti gli elaborati, scrive alla lavagna quali esperimenti sono stati condivisi, i tempi ed i materiali previsti;
5. ogni alunno trascriverà sul proprio quaderno l'elenco degli esperimenti e quali materiali è tenuto a procurare, tenuto conto delle risorse della scuola

##### VI lezione (laboratorio 2 ore)

1. gli alunni divisi in gruppi di tre/quattro realizzano le esperienze per identificare un metodo di separazione dei componenti la soluzione sale + acqua, che potranno essere, per es.:
  - a. bollitura

- b. evaporazione
- c. filtrazione
- d. solidificazione

Ogni gruppo dovrà decidere al suo interno i compiti di ognuno: predisporre le soluzioni, gli strumenti, prendere appunti, eseguire manualmente le diverse operazioni;

2. al termine ognuno redigerà individualmente una relazione sulla sequenza ordinata della procedura relativa al fenomeno che si è osservato;
3. l'insegnante, ricostituiti i gruppi, chiede di confrontare gli elaborati, discuterli e pervenire ad una dettagliata descrizione comune, corredata dell'idonea tabella di rilevazione dei dati, da consegnare al termine.

#### VII lezione (aula 1 ora)

1. L'insegnante, esaminati e raccolti gli elaborati in un unico documento, distribuito ad ognuno, avvia e guida la discussione collettiva che porterà alla definizione condivisa di *separabilità della soluzione sale + acqua* nei suoi componenti originari, che ciascuno trascriverà sul proprio quaderno.
2. L'insegnante assegna come compito a casa, da eseguire individualmente o in gruppo, una riflessione scritta sugli effetti/utilizzo del sale da cucina previa dissoluzione in acqua, nella vita di tutti i giorni.
3. Ogni alunno/gruppo dovrà progettare un'esperienza che convalidi la riflessione fatta, nei limiti delle possibilità pratiche (sarà difficile, nel caso che qualcuno abbia fatto un'osservazione pertinente, trovare una dotazione scolastica che permetta di effettuare un'esperienza in condizioni di pressione diversa da quella ambientale, ci si limiterà a farlo rilevare a tutti).

#### VIII lezione (aula 1 ora)

1. L'insegnante, riuniti opportunamente gli alunni in gruppi di tre/quattro chiede di confrontare gli elaborati casalinghi, discuterli e pervenire ad una descrizione scritta comune, che tenga conto di eventuali divergenze;
2. l'insegnante legge ad alta voce le descrizioni dei gruppi e avvia una discussione collettiva volta a proporre una nuova serie di esperimenti per determinare gli effetti della dissoluzione del sale in acqua;
3. l'insegnante, raccolti gli elaborati, avvia e guida la discussione collettiva per la scelta degli esperimenti; al termine scrive alla lavagna quali esperimenti sono stati condivisi, i tempi ed i materiali previsti;
4. ogni alunno trascriverà sul proprio quaderno l'elenco degli esperimenti e quali materiali è tenuto a procurare, tenuto conto delle risorse della scuola

#### IX lezione (laboratorio 2 ore)

1. ogni gruppo dovrà decidere al suo interno i compiti di ognuno: predisporre i componenti occorrenti, gli strumenti, prendere appunti, eseguire manualmente le diverse operazioni;
2. ogni gruppo eseguirà l'esperienza concernente l'asserzione fatta, riportando i risultati in una opportuna tabella e pervenendo ad una descrizione condivisa
3. al termine ognuno redigerà individualmente una relazione sulla sequenza ordinata delle fasi della procedura relativa al fenomeno che si è realizzato, che consegnerà al termine;

#### X lezione (aula 1 ora)

1. l'insegnante, ricostituiti i gruppi, chiede di confrontare gli elaborati, discuterli e pervenire ad una dettagliata descrizione comune, corredata dell'idonea tabella di rilevazione dei dati, da consegnare al termine;
2. l'insegnante avvia e guida la discussione collettiva che porterà alla considerazione condivisa sugli effetti che la dissoluzione del sale in acqua ha nei confronti della temperatura di solidificazione e della temperatura di evaporazione della soluzione, che ciascuno trascriverà sul proprio quaderno.

#### XI lezione (aula 1 ora)

Verifica pratica: singolarmente ogni alunno, dopo aver preparato il materiale occorrente, riprodurrà un esperimento scelto a suo piacere, ne descriverà il procedimento e ne trarrà opportune conclusioni scritte che al termine consegnerà per la valutazione.

#### XII lezione (aula 1 ora)

Verifica sommativa: test a risposta multipla, vero o falso e a quesito aperto; l'alunno potrà utilizzare tutto il materiale cartaceo prodotto nel corso dell'U.D.

### U.D. 1 Esperienza cloruro di sodio e acqua

**Riportata a pag. 72**

### U.D. 2 Esperienza miscugli omogenei ed eterogenei - classe II media

#### I lezione (aula 1 ora)

1. L'insegnante consegna un foglio bianco personalizzato e chiede una riflessione scritta sull'osservazione di altri fenomeni di unione di componenti, liquidi o liquido + solido, o solido + solido, presi dalla vita quotidiana, che abbiano come solvente l'acqua, ma soluto diverso dal sale.
2. L'insegnante, riuniti gli alunni in gruppi di tre/quattro chiede di confrontare gli elaborati, discuterli e pervenire ad una progettazione condivisa di esperimenti su miscugli riproducibili in laboratorio (tipo acqua e latte, acqua e vino, acqua e olio, acqua e zucchero, acqua e farina, acqua e detersivo, acqua e sabbia, acqua e gesso, sale e zucchero, ecc.);
3. l'insegnante, raccolti gli elaborati, avvia e guida la discussione collettiva per la scelta degli esperimenti; al termine scrive alla lavagna quali esperimenti sono stati condivisi, i tempi ed i materiali previsti;
4. ogni alunno trascriverà sul proprio quaderno l'elenco degli esperimenti e quali materiali è tenuto a procurare, tenuto conto delle risorse della scuola

#### II lezione (laboratorio 2 ore)

1. Dopo aver raccolto il materiale e averlo disposto sul banco di lavoro, l'insegnante, riuniti gli alunni in gruppi di due/tre, assegna ad ogni gruppo due ed effettuare l'osservazione, tenendo conto delle variabili già indagate precedentemente; es: considerazioni sull'aspetto fisico delle diverse miscele di sostanze, solubilità a diverse concentrazioni e a diverse temperature, trasparenza, colore, ecc.

2. Ogni gruppo dovrà decidere al suo interno i compiti di ognuno: predisporre le soluzioni, gli strumenti, prendere appunti, eseguire manualmente le diverse operazioni;
3. al termine ognuno redigerà individualmente una relazione sull'osservazione effettuata;
4. l'insegnante, ricostituiti i gruppi, chiede di confrontare gli elaborati, discuterli e pervenire ad una dettagliata descrizione comune, corredata dell'idonea tabella di rilevazione dei dati, da consegnare al termine.

### III lezione (aula 1 ora)

L'insegnante, esaminati e raccolti gli elaborati in un unico documento, distribuito ad ognuno, chiede di fare una previsione sui metodi di separazione dei componenti i miscugli visti; avvia e guida la discussione collettiva che porterà alla definizione condivisa di: *miscuglio, sospensione, emulsione, decantazione, reazione reversibile ed irreversibile, sostanza solubile ed insolubile*, che ciascuno trascriverà sul proprio quaderno.

#### U.D. 2 Esperienza miscugli omogenei ed eterogenei

### Riportata a pag. 73

#### M.

##### Obiettivi:

avvio alla

- capacità di predisporre dettagliatamente un'esperienza che realizzi un fenomeno
- capacità di effettuare previsioni sui parametri che influenzano un fenomeno
- capacità di predisporre dettagliatamente attività pratiche che consentano di verificare le previsioni fatte
- capacità di descrivere in sequenza ordinata il fenomeno che si realizza
- capacità di usare in maniera appropriata un certo numero di termini (soluzione, soluto, solvente, solubilità)
- capacità di mettere a punto una definizione del fenomeno
- capacità di individuare gli aspetti quantitativi in gioco nel fenomeno in esame
- capacità di individuare e gestire le unità di misura delle grandezze in gioco
- capacità di registrare, gestire ed analizzare i dati raccolti in un'esperienza di laboratorio
- capacità di formulare ipotesi sulla reversibilità di un fenomeno e di predisporre esperienze che consentano di validarle
- capacità di individuare differenze e analogie

##### Le Fasi dei vari Moduli sono strutturate secondo una sequenza che si ripete:

1. Fase del lavoro individuale (prodotto: elaborato scritto)
2. Fase del lavoro in piccoli gruppi (prodotto: elaborato scritto)
3. Fase dell'esposizione alla classe attraverso un rappresentante per ciascun gruppo
4. Fase della discussione e della condivisione (prodotto: elaborato scritto alla lavagna)

##### Modulo 1: introduzione e progettazione di un'esperienza che realizzi il fenomeno

L'insegnante richiama alla mente degli alunni il fenomeno della dissoluzione del Cloruro di Sodio in acqua.

fase 1: Chiede loro successivamente di descrivere individualmente su un foglio che consegna (possibilmente personalizzato, nel senso che c'è il nome e il cognome dell'alunno) come effettuerebbero un'esperienza che realizzi il fenomeno.

fase 2: L'insegnante divide la classe in gruppi e chiede di confrontare nell'ambito di ciascun gruppo le descrizioni effettuate da ciascun componente per poi arrivare alla formulazione di una descrizione comune. Consegna, a tale proposito, un foglio in cui è indicato il compito da svolgere a ciascun gruppo.

fase 3: Ogni gruppo, attraverso un suo rappresentante, legge (o espone oralmente) la descrizione condivisa mentre l'insegnante, dopo aver individuato assieme ai ragazzi ciò che accomuna le descrizioni e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le eventuali differenze emerse.

fase 4: Si effettua una discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica descrizione condivisa delle operazioni da effettuare.

N.B.: In questo modulo (1) l'insegnante non si preoccupa di puntualizzare gli aspetti quantitativi, che comunque potrebbero già iniziare ad emergere dai ragazzi stessi.

##### Modulo 2: definizione generale del fenomeno

**Le operazioni si effettuano concretamente: viene sciolta una certa quantità di Cloruro di Sodio in una certa quantità d'acqua.**

fase 1: L'insegnante, dopo aver rilevato che il fatto che il sale da cucina si scioglia nell'acqua viene espresso di solito affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di sostanza solubile.

In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase:

“Si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) è solubile in un liquido (per esempio l'acqua) quando .....

.....”  
(esercitazione scritta individuale).

fase 2: Lavoro di gruppo per arrivare alla formulazione di una descrizione comune. Su un foglio i componenti dei gruppi sono chiamati a produrre un elaborato condiviso.

fase 3: Ogni gruppo, attraverso un suo rappresentante, legge (o espone oralmente) la descrizione condivisa mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le descrizioni e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le eventuali differenze emerse.

fase 4: L'insegnante spiega ai ragazzi che il fenomeno dello sciogliersi di una sostanza in un'altra viene denominato con il termine “solubilità”: un possibile output di questo modulo potrebbe essere la definizione di solubilità come “la proprietà di scomparire alla vista da parte di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido”.

##### Modulo 3: introduzione di termini del lessico specifico. Soluto e solvente.

L'insegnante spiega ai ragazzi che il termine “soluzione” non si usa solo nel caso di un solido che “scompare” in un liquido, ma si utilizza ogni qual volta più sostanze, mischiandole, diventano “tutt'uno” (anche con un microscopio potentissimo non è possibile vedere le singole sostanze che fanno parte della soluzione).

**Le soluzioni più “interessanti”, però, sono proprio quelle liquide, in cui un SOLVENTE liquido scioglie un SOLUTO che può essere solido, liquido o gassoso.**

fase 1: L'insegnante consegna ai ragazzi un foglio con alcune coppie di sostanze note (in cui il “candidato solvente” è sempre liquido ed il “candidato soluto” è solido, liquido o gassoso) e chiede ai ragazzi se secondo loro tali coppie possono dare luogo ad una soluzione: in caso affermativo si chiede ai ragazzi di scrivere “soluto” e “solvente” a fianco delle rispettive sostanze, che potrebbero giocare un ruolo simile a quello del sale dell'acqua nell'esperienza realizzata in precedenza (esercitazione scritta individuale).

fase 2: Lavoro di gruppo per confrontare le idee individuali, nella stessa modalità.

fase 3: Esposizione al resto della classe da parte dei rappresentanti dei vari gruppi.

fase 4: Se è ancora necessario l'insegnante riprende la definizione di soluto e solvente data in precedenza e, richiamando esempi del vissuto dei ragazzi, consente loro di rivedere le eventuali ipotesi di dissoluzioni impossibili segnalate dai nell'esercitazione precedente. (Potrebbe anche svolgere alcune delle esperienze a cui si fa riferimento).

N.B.: Potrebbe porsi il problema di identificare soluto e solvente se si tratta di soluzioni liquido-liquido... Basterà mettersi d'accordo.

### **Modulo 4: introduzione ad alcuni aspetti quantitativi del fenomeno**

**L'insegnante chiede ai ragazzi che cosa, secondo loro, dovrebbe essere MISURATO per rendere più "scientifica" la descrizione della sequenza per realizzare il fenomeno data in precedenza.**

fase 1: Propone ai ragazzi un esercizio individuale in cui essi sono chiamati ad individuare le "cose" da misurare (alcune delle grandezze in gioco), riportando anche le rispettive possibili unità di misura.

fase 2: Lavoro di gruppo: ciascun gruppo è incaricato di creare un'unica lista di "cose" da misurare e delle rispettive unità di misura.

fase 3: Un rappresentante di ogni gruppo espone la lista condivisa.

fase 4: L'insegnante sottolinea i punti in comune ed eventualmente aggiunge qualche grandezza tralasciata dai ragazzi.

N.B.: Questo modulo apre la strada a possibili lavori su: equivalenze, errore e ripetibilità di una misura, precisione ed accuratezza, strumenti utilizzati per la misura...

### **Modulo 5: una possibile definizione della concentrazione**

L'insegnante prepara in due recipienti identici (senza che gli alunni vedano ciò che fa) due soluzioni di cloruro di sodio in una stessa quantità d'acqua, con concentrazioni molto diverse; dice ai ragazzi che in entrambe è stato sciolto del Cloruro di Sodio, chiede ad alcuni di loro di assaggiarle e di raccontare agli altri ciò che percepiscono. (L'insegnante si preoccuperà di specificare ai ragazzi che l'assaggio di una soluzione potrebbe essere dannoso e pericoloso, se non si tratta come in questo caso di "banale" acqua salata!)

fase 1: Si chiede ai ragazzi di fare delle ipotesi su cosa ci sia di diverso tra le due soluzioni (esercitazione scritta individuale), precisando che si tratta sempre dello stesso sale sciolto in acqua e di fare un'ipotesi su come esprimere questa diversità attraverso una GRANDEZZA.

fase 2: Lavoro di gruppo per arrivare alla formulazione di una possibile spiegazione comune. Su un foglio i componenti dei gruppi sono chiamati a produrre un elaborato condiviso.

fase 3: Un rappresentante di ogni gruppo espone la spiegazione condivisa mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le varie ipotesi e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le differenze emerse.

fase 4: L'insegnante spiega ai ragazzi che una delle caratteristiche di una soluzione (causa del sapore più o meno salato) è la "concentrazione": un possibile output di questo modulo potrebbe essere la definizione di concentrazione come "la quantità di sale in una certa quantità d'acqua".

N.B.: Non ritengo necessario precisare in questa fase se si tratti di quantità di soluto su quantità di solvente o di soluzione.

### **Modulo 6: precisazioni sulla definizione condivisa di concentrazione**

L'insegnante porta in classe due tubetti di colore a tempera: mischia un po' di nero e del bianco per ottenere il grigio e chiede ai ragazzi come potrebbero ottenere un grigio più chiaro. Ovviamente si tratta di aggiungere del bianco a piacimento. Analogamente aggiungendo acqua ad una soluzione di acqua e sale molto salata cosa accade?

fase 1: L'insegnante chiede agli alunni di immaginare come farebbero ad ottenere soluzioni con diverse concentrazioni (una più salata ed una meno), ma sciogliendo sempre una stessa quantità di sale: un cucchiaino.

fase 2: Lavoro di gruppo per arrivare alla formulazione di una possibile strategia comune. Su un foglio i componenti dei gruppi spiegheranno la strategia condivisa.

fase 3: Un rappresentante di ogni gruppo espone i risultati comuni mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le varie ipotesi e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le differenze emerse.

fase 4: L'insegnante precisa che la definizione di concentrazione formulata è la misura di un rapporto tra le misure della quantità di soluto e quella della quantità di solvente (o soluzione). Eseguendo la divisione si ottiene la quantità di soluto per 1 unità di misura del solvente (o soluzione).

Inoltre spiega ai ragazzi che la loro definizione condivisa non è che una possibilità, e che ce ne sono altre che derivano da diverse misure che si possono dare delle sostanze coinvolte.

### **Modulo 7: separazione di soluto e solvente**

L'insegnante chiede ai ragazzi di immaginare una strategia per recuperare il sale che hanno sciolto in precedenza.

fase 1: Su una scheda i ragazzi trovano già alcune strategie per separare soluto e solvente, e si chiede loro di spiegare se secondo loro funzionerebbero o no, e perché.

fase 2: Lavoro di gruppo: discussione sulla scheda individuale per arrivare possibilmente ad una serie di risposte condivise.

fase 3: Scambio dei risultati di ciascun gruppo e discussione: l'insegnante in questa fase facilita l'uso corretto dei termini fin qui introdotti.

fase 4: L'insegnante spiega che una peculiarità delle soluzioni è proprio quella di non poter separare i componenti se non con procedimenti che coinvolgono passaggi di stato (argomento già affrontato), cosa che invece non vale per i miscugli, di cui forse si parlerà meglio in seguito, ma che per ora può essere introdotta con un esempio.

Per separare acqua e sabbia, ad esempio, sarà sufficiente utilizzare un filtro con maglie strette a sufficienza.

### **Modulo 8: solubilità**

L'insegnante realizza con i ragazzi un'esperienza (potrà farla eventualmente progettare a loro come nel modulo 1) per verificare se si può sciogliere una qualunque quantità di sale in acqua oppure se c'è un limite.

fase 1: Si chiede ai ragazzi di descrivere individualmente l'esperienza realizzata, spiegando che cosa hanno visto accadere.

fase 2: Lavoro di gruppo per arrivare alla formulazione di una possibile descrizione comune. Il gruppo deve arrivare ad una descrizione condivisa.

fase 3: Un rappresentante di ogni gruppo espone la descrizione condivisa mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le varie descrizioni e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le differenze emerse.

fase 4: L'insegnante spiega ai ragazzi che data una certa quantità di solvente c'è, in generale, ad una data Temperatura, un limite per la quantità di soluto che vi si può sciogliere, e che si dice SOLUBILITA' di una sostanza la concentrazione massima che quel soluto può raggiungere in quel solvente ad una data Temperatura.

La solubilità varia in genere con la Temperatura e se il soluto è un gas anche con la Pressione (esempio acqua gassata).

N.B.: si potrebbe entrare nel quantitativo anche per lo studio della solubilità, ma solo in modo approssimato. Forse è meglio evitare, per problemi di cinetica della dissoluzione e di misura delle piccole quantità di soluto da aggiungere gradualmente.

### **Modulo 9 e successivi: individuazione delle variabili che influenzano il fenomeno**

Prima parte: individuazione di possibili variabili che giochino un ruolo nella cinetica della dissoluzione del Cloruro di Sodio in acqua.

fase 1: L'insegnante, utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza, chiede agli alunni di rispondere individualmente alla seguente doman-

da: "il fenomeno di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua può essere più o meno rapido; secondo il tuo punto di vista, il fatto che il Cloruro di Sodio si possa sciogliere più o meno rapidamente, da che cosa dipende?"

fase 2: Lavoro di gruppo: confronto e descrizione delle posizioni condivise e non.

fase 3: Esposizione da parte del rappresentante di ciascun gruppo alla classe

fase 4: In una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna tutti i fattori che sono emersi dai gruppi come influenzanti la maggiore o minore rapidità del processo

#### Seconda parte:

**progettazione di esperienze per verificare le varie ipotesi. Scelta una delle variabili individuate l'insegnante chiede ai ragazzi di progettare un'esperienza che verifichi l'ipotesi.**

**Si potrà ripetere questa parte su ciascuna delle variabili.**

fase 1 ...

fase 2 ...

fase 3 ...

fase 4 ...

#### Terza parte:

**svolgimento delle varie esperienze progettate.**

##### Modulo "parallelo"

**Per lavorare verso l'obiettivo "capacità di registrare, gestire ed analizzare i dati raccolti in un'esperienza di laboratorio" nei moduli che lo consentono l'insegnante potrebbe, di volta in volta, nominare un gruppo di ragazzi addetti alla REGISTRAZIONE dei dati relativi a ciò che accade su un apposito quadernino.**

N.

#### Prova di valutazione finale

La scuola di base ha il dovere di fornire una formazione scientifica ad ogni studente, anche quando in condizioni culturali o sociali più svantaggiate. Essa, pertanto, deve costruire sia competenze pratiche ed utili nell'esperienza quotidiana, per chi non è interessato a proseguire gli studi, che solide fondamenta per chi ha intenzione di approfondire gli studi nella scuola secondaria.

In questa relazione tenterò di mostrare come sia possibile realizzare una esperienza di classe che alterni una *elaborazione teorica* a una *realizzazione di esperimenti*, attraverso una progressione di obiettivi formativi e metodologie di lavoro in classe. *L'attività di laboratorio* deve essere vista prevalentemente come attività diretta degli allievi e armonicamente inserita nella trattazione di temi affrontati di volta in volta.

Per quanto riguarda l'attività di *verifica e valutazione*, i docenti dovranno prestare particolare attenzione alla valutazione di tipo *formativo*.

Gli errori commessi dagli allievi durante il processo di apprendimento possono infatti fornire preziose informazioni per la scelta di ulteriori e/o diversificati interventi didattici, eventualmente finalizzati ad attività di recupero

Di seguito riprendo il tratto di percorso sulla dissoluzione del sale da cucina in acqua, indicando analiticamente le attività che realizzerai in classe.

#### Esperienza: cloruro di sodio e acqua

##### Obiettivi e prerequisiti

###### Obiettivi conoscitivi:

- effettuare previsioni su quali sono i parametri che influenzano il fenomeno di dissociazione della molecola in acqua;
- mettere a punto una definizione del fenomeno, utilizzando in modo appropriato un certo numero di termini;
- individuare eventuali riscontri nella realtà, ad esempio a fini applicativi, del fenomeno;
- interpretare i dati e verificare la validità delle ipotesi fatte.

###### Obiettivi metodologici e operativi:

- predisporre dettagliatamente attività pratiche che consentano di verificare le previsioni fatte;
- abituarsi ad un linguaggio rigoroso, adeguato alla descrizione del fenomeno;
- descrivere in sequenza ordinata i vari processi che caratterizzano il fenomeno che si realizza;
- stendere una relazione scritta che riporti tutte le fasi in cui si è sviluppata l'esperienza.

###### Obiettivi metodologici ed educativi:

- interagire e collaborare con i compagni;
- mettere in evidenza le posizioni condivise e quelle che non lo sono all'interno di un gruppo;
- sviluppare capacità organizzative;
- discussione delle idee emerse dal confronto.

###### Prerequisiti:

- concetto di soluzione (soluto, solvente) e reazione chimica;
- conoscenza almeno intuitiva delle fasi della materia (liquido, solido, gassoso) e delle trasformazioni di fase.

#### Modulo A: parte iniziale del percorso (tempo previsto: 5 ore in aula)

fase 1 L'insegnante richiama alla mente degli alunni il fenomeno della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua.

fase 2 Chiede loro successivamente di descrivere individualmente su un foglio che consegna (possibilmente personalizzato, nel senso che c'è il nome e il cognome dell'alunno) in cosa consiste esattamente e quali sono i parametri che possono influenzare tale fenomeno.

fase 3 L'insegnante divide la classe in gruppi di tre/quattro persone e chiede di confrontare, nell'ambito di ciascun gruppo, le descrizioni effettuate da ciascun componente per poi arrivare alla formulazione di una descrizione comune. Consegna, a tale proposito, un foglio in cui è indicato il compito da svolgere a ciascun gruppo.

fase 4 Ogni gruppo, attraverso un suo rappresentante, legge (o espone oralmente) la descrizione condivisa, mentre l'insegnante, dopo aver individuato ciò che accomuna le descrizioni e ciò che le differenzia, scrive alla lavagna le eventuali differenze emerse.

fase 5 Discussione generale che dovrebbe condurre possibilmente ad un'unica descrizione condivisa del fenomeno e dei parametri che lo influenzano.

#### Modulo B: tratto del percorso in cui l'insegnante orienta il lavoro in una direzione funzionale a far acquisire alcuni degli obiettivi principali che si è proposto (tempo previsto in aula: 2 ore)

fase 1 L'insegnante, utilizzando anche eventuali spunti emersi in precedenza, chiede agli alunni di rispondere individualmente alle seguenti domande:

1. "Il fenomeno di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua può essere più o meno rapido; secondo il tuo punto di vista, il fatto che il

## Speciale: la chimica nelle SSIS

cloruro di sodio si possa sciogliere più o meno rapidamente, da che cosa dipende?”;

2. “Secondo voi è possibile sciogliere una quantità grande a piacere di cloruro di sodio, o esiste una quantità massima oltre la quale non c’è più dissociazione? Secondo voi da cosa può dipendere?”;

3. “Se si mette del sale da cucina nella pentola quando l’acqua ha iniziato a bollire il fenomeno di ebollizione cessa rapidamente. Secondo voi questo fenomeno è collegato?”.

fase 2 Gli alunni, dopo aver risposto individualmente alle domande precedenti su un foglio consegnato loro dall’insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali.

fase 3 Il rappresentante di ogni gruppo espone le conclusioni condivise e quelle non condivise.

fase 4 In una discussione generale l’insegnante scrive le risposte emerse dai vari gruppi (circa i fattori influenzanti la maggiore o minore rapidità di avvenimento del processo, il “concetto di soluzione satura”, l’innalzamento ebullioscopico”).

**Modulo C: tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse (tempo previsto in aula: da 4 a 6 ore).**  
**N.B.:** Se il giorno della lezione cambia, l’insegnante si deve preoccupare di ricapitolare ciò che è stato fatto in precedenza, magari aiutato da un paio di alunni.

fase 1 Scelta di alcuni fattori influenzanti la velocità di dissoluzione del sale in acqua (ad esempio la *temperatura* del solvente, la *concentrazione* del soluto, l’utilizzo di sale *grosso* o *fino*...).

fase 2 Esercitazione scritta individuale in cui l’alunno metta a punto un’esperienza, elencando anche il materiale necessario, che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno.

fase 3 Gli alunni divisi in gruppi arrivano alla messa a punto di un’esperienza condivisa ed esplicitano eventuali divergenze di opinione.

fase 4 Il rappresentante di ogni gruppo espone l’esperienza prodotta.

fase 5 L’insegnante, in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un’unica sequenza operativa.

Fasi successive - Si possono ripetere le fasi precedenti per ciascuna delle domande rimanenti oppure, vista la loro maggiore difficoltà, l’insegnante può raccogliere brevemente i suggerimenti degli alunni, innescando eventuali discussioni, e guidarli personalmente nella progettazione degli esperimenti collegati.

**Modulo D: realizzazione dell’esperienza e materiale necessario (tempo previsto in laboratorio: 4 ore).**

fase 1: L’insegnante distribuisce agli studenti il materiale necessario a svolgere gli esperimenti:

- sale da cucina, grosso e fine;
- misurino e recipienti graduati resistenti al calore;
- bilancia e contenitori di teflon per effettuare le pesate;
- formelletto;
- termometro;
- cronometro.

fase 2: Riuniti gli studenti a gruppi di tre o quattro persone (preferibilmente in differente configurazione rispetto a quella della discussione teorica) assegna ad essi una delle esperienze concepite in classe per indagare le ipotesi fatte (ad esempio l’effetto di un particolare parametro sulla velocità di dissociazione, se esiste una concentrazione limite per solubilità del sale, il legame tra la concentrazione del sale e la temperatura di ebollizione della soluzione).

fase 3: In ognuno dei gruppi formati gli studenti si divideranno le varie mansioni:

- pesare e sciogliere il sale in acqua;
- riscaldare e misurare la temperatura della soluzione;
- prendere nota delle procedure seguite ed eventuali misure effettuate.

fase 4: Alla fine ogni studente dovrà scrivere una relazione individuale in cui viene descritta l’esperienza, il suo scopo, la successione delle operazioni effettuate e vengono riportati i dati rilevati, riportati in grafici e/o tabelle. Nella relazione dovranno essere presenti anche le conclusioni personali dello studente.

fase 5: Concluse le relazioni, gli studenti, riuniti in gruppo, confronteranno i propri lavori in modo da discuterli assieme. In seguito dovranno redigere assieme una relazione conclusiva, in cui riporteranno una descrizione complessiva e comune dell’esperienza, mettendo in evidenza le opinioni divergenti ed i problemi in cui sono incorsi.

**Modulo E: riepilogo delle esperienze e verifica dell’apprendimento (tempo previsto in aula e laboratorio: da 2 a 4 ore)**

fase 1: Discussione collettiva, in aula, con la quale l’insegnante guida gli alunni verso la corretta interpretazione dei fenomeni.

fase 2: Definizione rigorosa, da parte dell’insegnante, dei termini e delle grandezze individuati intuitivamente da parte degli alunni all’interno delle discussioni. Ad esempio, espressioni come “*sciogliere una certa quantità di sale in una data quantità d’acqua*” possono portare l’insegnante a definire i concetti di *soluzione*, *soluto*, *solvente* e *dissociazione*, mentre la discussione delle varie esperienze effettuate permette l’introduzione di grandezze e concetti come: *temperatura*, *concentrazione*, *soluzione satura*, *passaggi di stato* e *tensione di vapore*.

fase 3: In sede di consegna degli elaborati corretti, è bene che l’insegnante si premuri di presentare alla classe gli errori più frequenti, eventualmente discutendo sulle ragioni che possono avere portato a farli, cercando di trasmettere che all’interno del metodo scientifico gli errori possono anche svolgere un ruolo costruttivo.

fase 4: Eventualmente l’insegnante può anche predisporre una verifica individuale, prima pratica e poi scritta (con un breve componimento o con un test a risposta aperta) con cui rendersi conto se sono stati assimilati i concetti insegnati e colmate le lacune che avevano portato ai vari tipi di errore.

## O.

### Obiettivi:

avvio alla

- .....

- acquisizione di capacità manuali che richiedano precisione

- capacità di stimare quantità (ad esempio, in peso o in volume) di sostanze di uso quotidiano (in questo caso sale da cucina, acqua)

- capacità di esplicitare chiaramente al docente (in forma scritta e/o orale) le difficoltà incontrate nelle attività svolte singolarmente o in gruppo (comprese le attività pratiche necessarie nello svolgimento di un esperimento) per chiedere spiegazioni, per capire come migliorarsi nelle successive attività

- capacità di lavorare in gruppo, collaborare costruttivamente, esprimere le proprie opinioni nel rispetto del gruppo di lavoro

**Modulo C<sub>1</sub>: si prende in considerazione a questo punto un ipotetico fattore influenzante la rapidità di dissoluzione del sale in acqua. Immaginiamo che da una discussione generale precedente, gli studenti abbiano suggerito che agitando, ad esempio con una bacchetta,**

**l'acqua e il sale che in essa è stato versato il processo di dissoluzione avverrebbe con maggiore velocità.**

Per giungere alla definizione di una sequenza operativa condivisa si effettuerà una:

- fase di lavoro individuale: per prima cosa ciascuno studente, su un foglio scrive come metterebbe a punto un'esperienza di verifica delle previsioni fatte in precedenza. Lo studente consegnerà il foglio con nome e cognome all'insegnante;
- fase di lavoro di gruppo: gli alunni divisi in gruppi (al massimo di quattro persone), discutendo fra loro giungono a mettere a punto un'esperienza condivisa. Le conclusioni del gruppo sono scritte su un foglio ed esposte da un rappresentante di gruppo che esplicherà anche eventuali divergenze di opinione. Il foglio con nome e cognome di ciascun membro del gruppo verrà consegnato all'insegnante.

Infine, l'insegnante, in una discussione generale scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e si arriva così ad individuare un'unica sequenza operativa, che viene dettata agli studenti, i quali la scriveranno su di un foglio da inserire nella sezione di scienze del proprio quadernone ad anelli, assieme ai lavori svolti fino a quel punto sulle soluzioni.

**Modulo D<sub>1</sub>: la classe è suddivisa in gruppi (i gruppi non cambiano in composizione, rispetto alla fase precedente).**

A ciascun gruppo viene fornito il seguente materiale:

- due becker
- una bacchetta di mescolamento
- acqua distillata
- sale fino da cucina

Viene messa inoltre a disposizione della classe una bilancia a due piatti per pesare il sale.

Realizzazione dell'esperimento: si versa nei becher 200 ml di acqua distillata. Con la bilancia si pesano due quantità uguali di sale, 10 g che si versano nei due becker, separatamente.

Si utilizza la bacchetta per mescolare l'acqua e il sale in un becker, fino a che il sale non si è completamente sciolto.

A ciascun membro del gruppo verrà assegnato un compito specifico: una persona prenderà nota del materiale utilizzato e delle difficoltà incontrate dal suo gruppo nel realizzare l'esperimento; uno studente peserà il sale; un'altro verserà l'acqua nel bicchiere nella quantità desiderata e successivamente il sale; infine una persona prenderà nota delle osservazioni fatte da tutto il gruppo su ciò che hanno visto nel corso dell'esperimento e le conclusioni che ne hanno tratto. Sarà importante mettere in evidenza, oltre alle osservazioni e alle conclusioni tratte, le difficoltà incontrate nello svolgimento dell'esperienza.

Il rappresentante di ciascun gruppo esporrà le osservazioni scritte e le conclusioni a cui sarà giunto il gruppo. Infine l'insegnante scriverà alla lavagna, riassumendo, le osservazioni per ciascun gruppo ed attraverso una discussione generale si giungerà infine alla conclusione che potrà essere simile alla seguente: agitando con una bacchetta l'acqua e il sale versato in essa, il sale si è sciolto più rapidamente, rispetto al sale presente nel becker in cui non c'è stato mescolamento con la bacchetta.

Quindi, mescolando, aumentiamo la rapidità di dissoluzione del sale.

**Modulo C<sub>2</sub>: tra i fattori che influenzano la velocità di dissoluzione del cloruro di sodio, si vuole prendere in considerazione ora: la dimensione dei grani di sale.**

Scopo di questo tratto di percorso: mettere a punto un esperimento che consenta di verificare se realmente il parametro, preso in considerazione, influenzi, aumentando o diminuendo la rapidità di dissoluzione, del sale da cucina in acqua. La sequenza operativa è definita seguendo lo stesso cammino visto in precedenza. Si passerà attraverso una esercitazione scritta individuale, formazione di gruppi (composti dagli stessi studenti che hanno realizzato la prima esperienza) e discussione di gruppo con esplicitazione di eventuali divergenze di opinione, discussione generale ed infine conclusione condivisa.

**Modulo D<sub>2</sub>:** L'esperienza viene sempre realizzata a gruppi. Materiale utilizzato nell'esperienza:

- due becker
- acqua distillata 200 mL
- sale grosso da cucina 10 g
- sale fino da cucina 10 g
- due bacchette di mescolamento

Viene messa inoltre a disposizione della classe una bilancia a due piatti per pesare il sale.

Realizzazione dell'esperimento: si versa nei becher 200 ml di acqua distillata. Con la bilancia si pesano 10 g di sale fino e una uguale quantità, in peso, di sale grosso. Si versa il sale grosso e quello fino in due becker separatamente. Per rendere più rapido il fenomeno e anche per metterlo meglio in evidenza, si chiede ai ragazzi di mescolare l'acqua e il sale nei due becker con le bacchette, cercando per quanto possibile di agitare nella stessa misura il contenuto dei due becker. Se l'esperimento è andato a buon fine si dovrebbe osservare che quando in un becker il sale fino si è completamente sciolto, nell'altro becker è rimasta una certa quantità di sale grosso sul fondo del bicchiere. Anche in questo esperimento, a ciascun membro del gruppo viene assegnato un compito, che però sarà diverso da quello svolto nell'esperienza precedente, in modo che, a rotazione, gli studenti svolgano compiti diversi. Sarà importante mettere in evidenza, oltre alle osservazioni e alle conclusioni tratte, le difficoltà incontrate nello svolgimento dell'esperienza. Il rappresentante di ciascun gruppo espone queste osservazioni scritte e le conclusioni a cui è giunto il gruppo. Infine l'insegnante scrive alla lavagna, riassumendo, le osservazioni per ciascun gruppo ed attraverso una discussione generale si giunge alla conclusione finale.

Un esempio di conclusione finale condivisa potrebbe essere:

il sale grosso si è sciolto in acqua più lentamente del sale fino e da ciò è stato dedotto che maggiore è la dimensione dei grani di sale, minore sarà la rapidità di dissoluzione. L'insegnante detterà agli studenti le conclusioni, da inserire nel quadernone di scienze, insieme al materiale già prodotto riguardante le soluzioni.

**Modulo C<sub>3</sub>: un altro fattore che influenza la rapidità di dissoluzione del sale in acqua, è la temperatura.**

Il modo di procedere per la messa a punto della sequenza operativa è identico al precedente: esercitazione scritta individuale, a gruppi, discussione generale, definizione di una procedura condivisa.

**Modulo D3: il materiale necessario per l'esperimento è il seguente:**

- due becher
- acqua distillata 200 mL
- sale fino da cucina 10 g
- un fornello elettrico
- termometro da laboratorio
- bilancia a due piatti

L'esperimento può essere realizzato a gruppi, come nei casi precedenti, oppure direttamente dal docente tenendo conto del fatto che siamo in una classe prima (perché le soluzioni sono un argomento classico da prima) e che l'utilizzo di un fornello per riscaldare l'acqua e dell'acqua calda stessa, potrebbe comportare qualche rischio se gli studenti svolgessero a gruppi l'esperienza. Sulla scelta del come vada condotta l'esperienza influirà ovviamente il contesto della classe in cui si insegna. Se l'esperimento è svolto a gruppi si seguirà la procedura descritta in precedenza, altrimenti

L'insegnante inviterà gli studenti ad esplicitare dubbi, curiosità, osservazioni sul fenomeno nel corso dell'esperimento. In particolare al termine dell'esperienza, a gruppi queste osservazioni verranno messe per iscritto, lette da un rappresentante e discusse con la classe.

Realizzazione dell'esperimento: in ciascuno dei due becker si versano 200 ml di acqua e 10 g di sale. Uno dei becker è posto sul fornello. Immergendo il termometro si nota come l'acqua mano a mano si scaldi e aumenti la sua temperatura. Nel frattempo il sale depositatosi sul fondo del becker inizierà a sciogliersi e dopo pochi minuti si osserverà che il sale si è completamente sciolto.

Le conclusioni finali potrebbero essere le seguenti: all'aumentare della temperatura si è visto che la quantità di sale sul fondo del becker posto sul fornello si riduceva più rapidamente rispetto a quanto accadeva nell'altro becker. Di conseguenza il parametro temperatura influisce sulla rapidità del processo di dissoluzione aumentandola.

Personalmente a questo punto (dopo il modulo A), porrei ai ragazzi i seguenti quesiti:

**partendo dalla tua esperienza quotidiana, conosci altre sostanze, oltre al sale da cucina che in base alla definizione appena data siano solubili in acqua? Sapresti fare qualche esempio di sostanza, che sempre sulla base della tua esperienza, non è solubile in acqua?** A queste domande i ragazzi risponderebbero prima individualmente, poi in gruppo e tramite la discussione generale si giungerebbe ad una conclusione condivisa. Potrebbe essere interessante prendendo in considerazione una sostanza solubile e una non solubile, suggerite in precedenza dai ragazzi e di facile reperibilità, (ad esempio sale, farina - zucchero, sabbia) mettere a punto un'esperienza per confrontare visivamente una sostanza solubile in acqua e una non solubile sempre in acqua. La fase di messa a punto dell'esperienza anche in questo caso seguirebbe il solito schema, ossia: esercitazione scritta individuale, suddivisione della classe in gruppi, che arriverebbero alla messa a punto di un'esperienza condivisa ed espliciterebbero eventuali divergenze di opinione, esposizione dei rappresentanti del gruppo, discussione di gruppo ed elaborazione di un'unica sequenza operativa. L'esperienza pratica, andrebbe condotta al solito in gruppo e particolare importanza verrebbe data all'esplicitazione scritta delle osservazioni di gruppo sull'esperimento e sulle difficoltà incontrate nel corso dell'esecuzione materiale dell'esperimento. Si lascerà che i ragazzi pesino quantità note di farina, sale, sabbia ecc... in modo da favorire una maggiore confidenza con attività manuali che richiedono una certa precisione.

In un esperimento in cui si confrontino una soluzione acqua-sale e una non soluzione acqua-farina, potrebbe essere interessante che i ragazzi annotassero, tra le loro osservazioni, che nel bicchiere contenente acqua e farina, lentamente la farina si deposita sul fondo del bicchiere stesso. Questa semplice osservazione, può servire come spunto interessante per ragionare sull'importanza che riveste il fattore tempo, quando si osserva un fenomeno. Infatti al trascorrere del tempo, possiamo osservare aspetti diversi da quelli iniziali, dello stesso fenomeno.

Al termine di quest'esperienza l'insegnante porrà l'accento sul fatto che se una sostanza è solubile in un'altra, dal loro mescolamento, si dice che si ottiene una **soluzione**. Si specificherà inoltre che: il **solvente** è la sostanza in cui vengono disciolte altre sostanze; il **soluto** è la sostanza (o le sostanze) disciolta nel solvente. Mescolando invece, una sostanza insolubile in un'altra, si dice che otteniamo, in generale, un **miscuglio**. La definizione di solvente, soluto, soluzione, miscuglio, andranno scritte sul quadernone di scienze insieme alla definizione, data in precedenza, di solubilità. Proseguendo gli esperimenti inerenti, in modo specifico la dissoluzione del sale da cucina in acqua, sulla base di eventuali spunti emersi in precedenza chiederei agli alunni di rispondere singolarmente alla seguente domanda: **” dopo aver sciolto del sale (supponiamo 10 g) in una quantità predefinita di acqua (100 mL), cosa accade se continuo ad aggiungere, alla soluzione, altro sale ?”**.

Dopo la discussione in gruppo e dopo essere giunti alla definizione della sequenza operativa condivisa dal gruppo classe, (nelle modalità solite, già viste in precedenza), si eseguirà l'esperimento che potrebbe prevedere per ciascun gruppo l'utilizzo di:

- acqua distillata
- sale fino da cucina
- un becker
- bacchetta di mescolamento
- bilancia a due piatti per pesare il sale

Gli alunni eseguiranno l'esperimento, come già detto, suddivisi in gruppi e nell'ambito di ciascun gruppo ognuno avrà un compito diverso da svolgere.

L'esperimento consisterebbe semplicemente nel sciogliere dapprima 10 g di sale in 100 ml, agitando con la bacchetta. Una volta sciolti i primi 10 g, se ne aggiungono altri 10 e poi successivamente altri 10 ancora e così via. A un certo punto, si noterà che una certa quantità di sale non si scioglierà più e andrà a raccogliersi sul fondo. La quantità di sale che si scioglie in acqua è dipendente ovviamente dalla temperatura. Se l'acqua è alla temperatura di 20°, in essa si sciolgono circa 36 g.

Dopo che ciascun gruppo avrà relazionato sulle proprie osservazioni e si sarà giunti a definire, sulla base di queste ultime delle conclusioni finali inerenti l'esperimento, l'insegnante introdurrà un nuovo termine specifico dicendo che una soluzione nella quale, a una data temperatura, non si scioglierà ulteriormente soluto, che rimarrà sul fondo del recipiente, si dice **saturo**.

## P.

### Obiettivi:

- avvio alla
- ..... (obiettivi del tratto del percorso guida)

### Modulo D (dopo il modulo C precedente) tratto di percorso in cui si realizza la sequenza operativa messa a punto, seguendo la linea guida di osservazione concordata

(N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di riscrivere alla lavagna la sequenza operativa e la linea guida definite in precedenza aiutata dagli alunni)

fase 1: l'insegnante esegue l'esperienza seguendo la sequenza operativa messa a punto e chiede di descrivere individualmente su un foglio ciò che ogni alunno può osservare;

fase 2: gli alunni in gruppo confrontano le diverse descrizioni e vengono invitati a stendere una descrizione condivisa;

fase 3: un rappresentante per gruppo presenta la descrizione prodotta;

fase 4: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna tutti gli elementi emersi dalle descrizioni e giunge ad una descrizione comune

Qui di seguito propongo un modulo  $D_{bis}$ . lo sviluppo di questo modulo è strettamente legato al tipo di sequenze operative programmate e al tipo di studenti. Dato che si chiede un loro intervento in prima persona nello svolgimento dell'esperienza è necessario non mettere i ragazzi in situazioni che gestirebbero con difficoltà. Con queste premesse penso possa essere significativo anche proporre prima il modulo  $D_{bis}$  e poi l'esperienza condotta dall'insegnante in modo che lo studente abbia la possibilità di cambiare il proprio punto di vista durante l'esperienza.

### Modulo $D_{bis}$ tratto di percorso in cui si realizza la sequenza operativa messa a punto, seguendo la linea guida di osservazione concordata

(N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di riscrivere alla lavagna la sequenza operativa e la linea guida definite in precedenza aiutata dagli alunni)

fase 1: l'insegnante chiede ad ogni studente di eseguire l'esperienza seguendo la sequenza operativa messa a punto individualmente e di descrivere su un foglio ciò che ha osservato;

fase 2: gli alunni in gruppo confrontano le diverse descrizioni e vengono invitati a stendere una descrizione condivisa;

fase 3: un rappresentante per gruppo presenta la descrizione prodotta;

fase 4: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna tutti gli elementi emersi dalle descrizioni e giunge ad una descrizione comune.

L'insegnante può seguire il modulo C e D ( $D_{bis}$ ) tante volte quanti i fattori influenzanti la velocità di dissoluzione del sale in acqua egli voglia far

analizzare, a seconda del tipo di risposta ricevuta dagli alunni alle attività già svolte

**Modulo E<sub>1</sub> (dopo il/i modulo/i D (D<sub>bis</sub>) precedente/i) tratto di percorso in cui si passa dal linguaggio naturale all'utilizzo di alcuni termini appropriati**

(N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa che gli alunni abbiano la/e descrizione/i comune/i formulata/e in precedenza)  
fase 1: l'insegnante, partendo dall'analisi della/e descrizione/i prodotta/e dalla classe, rileva che il fatto che il sale da cucina si scioglia nell'acqua viene espresso di solito affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua. Chiede allora agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di sostanza solubile. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase:

Si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) è *solubile* in un liquido (per esempio l'acqua) quando .....

fase 2: gli alunni, dopo aver risposto individualmente alla domanda precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi per confrontare le conclusioni dei singoli e vengono invitati a descrivere le conclusioni condivise ed eventuali posizioni personali

fase 3: un rappresentante per gruppo espone le conclusioni condivise e non condivise

fase 4: l'insegnante con il contributo di tutti scrive alla lavagna una definizione condivisa di sostanza solubile

fase 5: l'insegnante invita gli alunni a modificare e/o completare la descrizione dell'esperienza svolta alla luce del significato dei termini sostanza solubile

**Modulo E<sub>2</sub> (dopo il/i modulo/i D precedente/i) tratto di percorso in cui si passa dal linguaggio naturale all'utilizzo di alcuni termini appropriati**

(N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa che gli alunni abbiano la/e descrizione/i comune/i formulata/e in precedenza)  
fase 1: l'insegnante, partendo dall'analisi della/e descrizione/i prodotta/e dalla classe, rileva che il liquido salato formato dal sale da cucina sciolto in acqua viene chiamato di solito soluzione. Chiede allora agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di soluzione. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase:

Quando usi la parola *soluzione* a cosa ti riferisci? Che cosa intendi? .....

Seguono le fasi 2, 3, 4 e 5 come nel modulo E<sub>1</sub>.

Seguendo lo schema del modulo E<sub>1</sub>, può essere utile riprendere il significato e l'utilizzo delle parole *soluto* & *solvente*, *concentrazione* e *saturatione*. Possibili domande e/o affermazioni con cui intraprendere il percorso per arrivare ad una definizione condivisa potrebbero essere:

1. In una soluzione si distinguono il *solvente* (per esempio, l'acqua) e il *soluto* (per esempio, il sale). In cosa pensi che si differenzino questi due componenti? .....
2. Si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) ha una certa *concentrazione* in un liquido (per esempio l'acqua) quando .....
3. Si dice che una soluzione (per esempio, l'acqua salata) è *saturo* quando .....

**Q.**

**Obiettivi:**

avvio alla

.....

1. capacità di effettuare previsioni sui parametri che influenzano un fenomeno
2. capacità di predisporre dettagliatamente attività pratiche che consentano di verificare le previsioni fatte
3. capacità di descrivere in sequenza ordinata il fenomeno che si realizza
4. capacità di usare in maniera appropriata un certo numero di termini
5. capacità di mettere a punto una definizione del fenomeno
6. capacità di individuare le proprietà e le caratteristiche funzionali che permettono di classificare e definire un fenomeno, un oggetto, una situazione.
7. capacità di scegliere e utilizzare in modo appropriato strumenti di misura e unità di misura
8. acquisizione di abilità manuali; conoscenza e utilizzo di semplici strumenti di laboratorio
9. capacità di interpretare i fenomeni osservati
10. capacità di trarre conclusioni correlando i fatti osservati con quanto si è ipotizzato
11. capacità di generalizzare, nel senso di applicare definizioni, deduzioni in contesti più generali e diversi da quelli sperimentati
12. costruzione graduale di concetti scientifici di base a partire dalle osservazioni e dai risultati delle esperienze (conservazione della massa, reversibilità)

**Prosecuzione della 1ª opzione del modulo B (parte iniziale del percorso riguardante i fattori che influenzano la velocità di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua)**

Alcuni fattori che, secondo i ragazzi, potrebbero influire sulla velocità di dissoluzione del cloruro di sodio in acqua potrebbero essere:

- mescolamento o meno del sale nell'acqua
- grandezza dei cristalli di sale
- temperatura dell'acqua
- forma, larghezza del recipiente che contiene l'acqua e il sale
- quantità di acqua utilizzata, quantità di sale utilizzato

Nel caso in cui fattori ritenuti importanti dall'insegnante non vengano proposti dagli alunni, sarà

l'insegnante stesso a proporli ai ragazzi con una domanda diretta: ad esempio "secondo voi il fatto che il sale si possa sciogliere più o meno rapidamente può dipendere dalla grandezza dei cristalli di sale? Sapreste anche ipotizzare il perché?".

Per ognuno dei parametri proposti gli alunni dovranno avanzare una previsione sulla modalità di influenza del parametro sulla dissoluzione, cercare di spiegarne la motivazione, mettere a punto una esperienza per verificare la validità delle ipotesi fatte. Questa parte viene svolta secondo la sequenza del modulo C già sviluppato.

**Modulo D:** realizzazione dell'esperienza in laboratorio riguardo i fattori di influenza della velocità di dissoluzione del sale.

Se le esperienze sono semplici e facilmente gestibili possono essere condotte parallelamente piuttosto che in sequenza.

Durante le esperienze in laboratorio (questa e tutte le successive) l'insegnante provvederà a spiegare la nomenclatura e l'uso di materiali e attrezzature in modo da guidare gli studenti ad un uso corretto e funzionale degli strumenti.

fase 1: per ogni esperienza gli alunni devono individualmente compilare un foglio su cui riportare l'ipotesi da verificare, il materiale occorrente per l'esecuzione dell'esperienza, gli strumenti usati.

fase 2: con la guida dell'insegnante gli alunni realizzano l'esperienza singolarmente o in piccoli gruppi (possibilmente non più di tre compagni), a seconda della disponibilità di strumenti, materiale, ecc.

## Speciale: la chimica nelle SSIS

Al termine dell'esperienza, o durante pause operative i ragazzi scrivono accuratamente tutti i passaggi svolti (annotando tempi, e valori dei parametri in gioco) ed i fatti osservati.

fase 3: l'insegnante chiede agli alunni di trarre una conclusione sull'esperienza correlando l'ipotesi ai risultati ottenuti e di cercare di dare una spiegazione dei fatti osservati. Questa fase dovrebbe essere svolta individualmente e per scritto.

fase 4: gli alunni divisi in gruppi confrontano e discutono le conclusioni individuali prendendo nota delle opinioni condivise e non condivise.

fase 5: in una discussione generale vengono esposti i punti di vista dei vari gruppi e, con la guida dell'insegnante, si giunge ad una conclusione condivisa dell'esperienza.

In questa fase sperimentale sarebbe auspicabile ottenere un ampio numero di risultati concordanti sulle singole esperienze, in modo che la validità delle conclusioni raggiunte sia legittimata; in caso contrario sarebbe opportuno ripetere le esperienze dopo aver eventualmente modificato elementi che possono influire negativamente portando ad un esito errato o difficilmente interpretabile dell'esperienza. Anche in questo caso può essere richiesto l'intervento e la collaborazione degli alunni stimolandoli a esprimere le loro opinioni e in che modo modificherebbero l'esperimento.

Dalla serie di esperienze svolte dovrebbe risultare che diversi parametri possono influenzare la velocità di dissoluzione del sale in acqua, in particolare: a parità di peso, tanti cristalli di piccole dimensioni si sciolgono più rapidamente di pochi grandi cristalli; il sale si scioglie anche se la soluzione non viene mescolata ma impiega molto più tempo, anche qualche ora, rispetto ad una soluzione mescolata; se si versa il sale in un recipiente con fondo stretto il sale si accumula e si scioglie più lentamente che in un contenitore largo dove si può spargere facilitando così il contatto con l'acqua. Per quanto riguarda la temperatura, l'esperienza della dissoluzione del sale potrebbe dare risultati non altrettanto evidenti rispetto alle esperienze precedenti ed i ragazzi potrebbero dedurre che, in generale, la temperatura non influenza la dissoluzione di una sostanza solubile in acqua. Sarebbe opportuno realizzare l'esperienza con altre sostanze, ad esempio lo zucchero, per cui la rapidità di dissoluzione aumenta in modo evidente con l'aumentare della temperatura.

In generale sarebbe interessante realizzare tutte le esperienze utilizzando altre sostanze, oltre al cloruro di sodio, così da poter confrontare i risultati e trarre conclusioni su come uno stesso parametro influenzi la dissoluzione di sostanze diverse.

### **Modulo B, (dopo la seconda opzione del modulo B): funzionale a dare una definizione di soluzione e delle componenti che costituiscono la soluzione.**

L'insegnante, dopo aver fatto presente che sciogliendo il sale nell'acqua si ottiene una soluzione e che il sale prende il nome di soluto e l'acqua di solvente, chiede agli alunni di dare una definizione di soluzione (riferita ad una soluzione data da una sostanza solida in un liquido), di soluto e di solvente, completando le frasi:

la soluzione è....

il soluto è una sostanza.....

il solvente è una sostanza.....

L'insegnante invita gli studenti a riflettere sullo stato di aggregazione della soluzione e dei suoi componenti (si considera che gli studenti conoscano già gli stati di aggregazione della materia)

fase 1: gli alunni rispondono per scritto e individualmente alla domanda

fase 2: l'insegnante forma piccoli gruppi di discussione in cui gli alunni confrontano le definizioni date cercando di pervenire ad una definizione comune, annotando eventualmente le opinioni contrastanti

fase 3: ogni gruppo, tramite un rappresentante, esprime le proprie definizioni che vengono scritte alla lavagna

fase 4: in una discussione generale l'insegnante e gli alunni confrontano le varie definizioni date dai gruppi, per arrivare a formulare una definizione finale condivisa.

Una soluzione si ottiene mescolando un liquido con una sostanza solida solubile in esso; il soluto è la sostanza solida che si scioglie e scompare alla vista, il solvente è la sostanza liquida che si presenta nello stesso stato di aggregazione della soluzione.

Trattando in seguito altri tipi di soluzioni (liquido in liquido, gas in liquido, solido in solido...) l'insegnante realizzerà moduli analoghi a questo allo scopo di portare gli studenti a generalizzare le definizioni date in modo che siano applicabili a qualsiasi tipo di soluzione ed a solventi e soluti che si presentano in stati di aggregazione diversi; i ragazzi potranno anche rendersi conto che non sempre è possibile fare differenza tra solvente e soluto, come ad esempio nel caso di una soluzione composta in parti uguali di acqua ed alcool etilico: entrambi i liquidi possono essere considerati indifferentemente come soluto e solvente.

### **Modulo B2: funzionale alla definizione della concentrazione di una soluzione.**

In una discussione generale con la classe l'insegnante chiede agli alunni quale differenza ci sia fra diverse soluzioni ottenute sciogliendo più o meno cloruro di sodio in una stessa quantità d'acqua; probabilmente i ragazzi risponderebbero che, confrontando le soluzioni, queste risulterebbero più o meno salate. Con un analogo esempio per soluzioni contenenti più o meno zucchero si arriverebbe a dire che esse risulterebbero più o meno dolci. L'insegnante fa presente che queste caratteristiche di essere salato o dolce sono associabili ad esempi specifici di soluzione, e che, in generale, per soluzioni generiche le composizioni vengono espresse in termini di concentrazione affermando cioè che le soluzioni, a confronto, sono più o meno concentrate. L'insegnante chiede agli alunni di spiegare a parole il significato del termine concentrazione per una soluzione formata da una sostanza solida in un liquido.

Il modo di procedere è analogo a quello del modulo precedente, con una fase di lavoro individuale, un confronto di gruppo ed una discussione generale in cui si giunge ad una definizione condivisa.

La concentrazione di una soluzione esprime la quantità di soluto sciolto in una quantità nota di solvente.

Gli studenti dovrebbero capire che la concentrazione di una soluzione non dipende dalla quantità assoluta di soluto presente ma dalla proporzione relativa tra quantità di soluto e quantità di solvente. A questo proposito, nella fase di discussione generale, si può chiedere ai ragazzi se sia più concentrata una soluzione ottenuta sciogliendo un cucchiaino di sale in un bicchiere d'acqua o sciogliendo sempre un cucchiaino di sale in mezzo bicchiere d'acqua, oppure due cucchiaini di sale in una quantità doppia di acqua ecc.. Al termine della discussione dovrebbe risultare chiaro che per esprimere la concentrazione di una soluzione si deve conoscere sia la quantità di soluto sia la quantità di solvente che la costituiscono; sapere solo quanto soluto sia presente in una soluzione non è sufficiente a stabilire la concentrazione.

### **Modulo B3: funzionale alla misurazione della concentrazione**

Per trattare questo aspetto gli studenti dovrebbero già possedere una certa dimestichezza con le unità di misura di alcune grandezze (peso, volume). L'insegnante insieme alla classe ricorda il significato e la definizione di concentrazione e che, poiché le soluzioni presentano caratteristiche diverse in funzione della loro concentrazione, è importante conoscere e saper indicare per ogni soluzione la sua concentrazione.

Agli alunni viene chiesto di scegliere una o più grandezze e unità di misura che siano funzionali ad esprimere la concentrazione di una soluzione, volendo, facendo riferimento alla soluzione di acqua e cloruro di sodio.

Anche in questo caso la sequenza delle fasi di lavoro è simile alle precedenti: fase individuale, fase di gruppo, discussione generale per arrivare ad una serie di alternative scientificamente ragionevoli e condivise.

Le risposte dei ragazzi riguardo le unità di misura scelte potrebbero spaziare da un cucchiaino di sale in un bicchiere d'acqua a unità di misura più "scientifiche" di peso e di volume. È importante che gli alunni comprendano la necessità di esprimere la concentrazione utilizzando unità di misura che siano uguali per tutti e che permettano di confrontare i diversi valori espressi, e la comodità di fare riferimento ad una quantità di acqua, o di solvente in generale, che sia costante. Si dovrebbe quindi giungere ad esprimere la concentrazione in unità di misura di peso o di volume, ad esempio:

grammi di sale su 1 00 grammi di soluzione (o grammi di sale su 1 00 cc di soluzione).

In un secondo momento l'insegnante può organizzare una esperienza in laboratorio facendo preparare individualmente agli alunni un certo numero di soluzioni a diverse concentrazioni, scelte dai ragazzi stessi, utilizzando unità di misura differenti. In questo modo i ragazzi associano le unità di misura scelte con quantità reali delle sostanze e si rendono conto della funzionalità o meno dell'unità scelta ai fini dell'esperienza; in altre parole valutano se sia il caso di pesare il sale in grammi, etti, chili, e misurare l'acqua in litri, decilitri, decimetri cubi ecc...

#### **Modulo B4: riguardo la saturazione della soluzione**

Questo modulo può anche essere trattato nella parte iniziale del percorso dopo il modulo B.

fase 1: dopo essere giunti alla definizione di solubilità ed aver stabilito la sequenza operativa per realizzare il fenomeno della dissoluzione del cloruro di sodio in acqua, l'insegnante chiede agli alunni di descrivere individualmente cosa succederebbe se si continuasse ad aggiungere e mescolare il sale alla soluzione (il sale continuerebbe a sciogliersi nell'acqua?) e di motivare la risposta. I ragazzi scrivono le loro idee su un foglio personalizzato che consegneranno all'insegnante.

fase 2: gli alunni sono divisi in gruppi nell'ambito dei quali confrontano le opinioni espresse prendendo nota su un foglio delle idee condivise e delle eventuali divergenze di opinione.

fase 3: un rappresentante di ogni gruppo espone alla classe la relazione; l'insegnante riassume alla lavagna le ipotesi emerse da ogni gruppo.

fase 4: in una discussione collettiva guidata dall'insegnante si giunge alla stesura delle possibili opzioni che si possono verificare continuando ad aggiungere sale alla soluzione.

Le alternative emerse alla conclusione di questo modulo potrebbero essere ragionevolmente di tre tipi. Se si continua ad aggiungere sale alla soluzione di acqua e cloruro di sodio:

il sale aggiunto continua a sciogliersi (almeno finché la sua quantità non diventa maggiore della quantità di acqua)

dopo aver aggiunto una certa quantità di sale non se ne scioglie altro, indipendentemente da qualsiasi fattore (temperatura, dimensioni cristalli, mescolamento...)

la quantità di sale che si può sciogliere dipende da fattori che ne influenzano la solubilità

#### **Modulo C4: organizzazione di una esperienza volta a verificare la validità o meno delle ipotesi emerse nel modulo precedente.**

Scelta una delle ipotesi, l'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che sia utile a verificare la validità della previsione fatta. La procedura di lavoro degli allievi prevede sempre una fase di lavoro individuale, una fase di discussione e relazione di gruppo, una fase di esposizione dei lavori di ogni gruppo ed una fase finale di discussione collettiva che porta alla messa a punto di una sequenza operativa condivisa con cui realizzare l'esperienza.

#### **Modulo D4: realizzazione dell'esperienza in laboratorio**

L'insegnante predispone i materiali e le attrezzature necessari per realizzare l'esperienza.

Dato che le ipotesi da verificare sono molteplici e sono diversi i parametri coinvolti (la cui influenza dovrebbe essere verificata per uno alla volta) si profilano una serie di esperimenti diversi che possono essere realizzati parallelamente o in serie a seconda della difficoltà e dell'impegno richiesti. Le esperienze saranno portate avanti dagli alunni, singolarmente o in piccoli gruppi; se è necessario maneggiare attrezzature pericolose (fiamma bunsen o altro) sarà solo l'insegnante a svolgere l'esperimento.

Le fasi di realizzazione dell'esperienza sono le stesse del modulo D: agli alunni viene richiesta di fornire una relazione scritta sia individuale che di gruppo dell'esperienza svolta in cui descrivere accuratamente l'ipotesi proposta, i materiali usati, la sequenza ordinata delle fasi operative, le osservazioni fatte, i risultati ottenuti, le conclusioni a cui sono giunti. Nella fase finale di discussione collettiva guidata dall'insegnante si confrontano le relazioni dei vari gruppi per giungere alla condivisione di una serie di conclusioni sull'argomento.

Nella soluzione si può sciogliere solo una certa quantità di cloruro di sodio, oltre a questo valore, se si continua ad aggiungere il sale questo precipita sul fondo senza sciogliersi. Aggiungendo all'acqua piccole quantità di sale (pochi grammi) alla volta e mescolando si può determinare la quantità massima di sale che la soluzione può contenere e che risulta essere di circa 35 g in 100 cc di acqua. A parità di volume di acqua la quantità massima di sale che si può sciogliere è sempre uguale e non sembra dipendere da altri fattori (almeno nell'ambito dell'intervallo di variabilità dei parametri osservati).

Sarebbe importante a questo punto ripetere le stesse esperienze utilizzando altri tipi di soluti, ad esempio lo zucchero, per fare osservare agli alunni che si ottengono risultati diversi rispetto ai precedenti in cui il soluto era il sale, nonostante siano applicate le stesse procedure sperimentale.

In particolare la quantità di zucchero sciolto risulterà influenzata dalla temperatura, fenomeno questo che con il cloruro di sodio è difficilmente osservabile: aumentando la temperatura della soluzione aumenta sensibilmente la quantità di zucchero che essa può contenere. Da qui i ragazzi capiscono che certi parametri hanno una diversa influenza sulla solubilità delle sostanze e che questa dipende dal tipo di sostanza utilizzata come soluto. Le caratteristiche quindi di una soluzione (in acqua) dipendono dal soluto utilizzato e dai fattori che possono influenzarne la solubilità.

Al termine del modulo l'insegnante fa presente agli studenti che una soluzione contenente la massima quantità di soluto, ad una data temperatura, è detta soluzione satura. A questa definizione si possono anche far arrivare i ragazzi dicendo loro che una soluzione in cui il sale non si scioglie più ma si raccoglie sul fondo è una soluzione satura e chiedendone quindi una definizione scritta.

#### **Modulo B.5: riguardo il processo di separazione di sale e acqua; e funzionale all'avvio alla costruzione del concetto di reversibilità**

L'insegnante davanti agli alunni prepara in un recipiente una soluzione di acqua e cloruro di sodio e la mette a scaldare su una fiamma; l'acqua incomincia ad evaporare e poi a bollire. Agli alunni viene chiesto di descrivere quello che osservano e di ipotizzare cosa succederebbe se si continuasse a scaldare la soluzione per lungo tempo motivando la risposta.

Anche in questo caso gli alunni devono fornire una risposta scritta individuale e poi di gruppo. Le ipotesi di ogni gruppo vengono scritte alla lavagna e discusse collettivamente fino alla messa a punto di una serie di risposte alternative al quesito posto (se occorre molto tempo l'esperienza può essere interrotta e ripresa in seguito, dopo la discussione collettiva).

Presumibilmente le risposte dei ragazzi dovrebbero essere orientate in tre direzioni: o l'acqua incomincia a bollire e continua a bollire finché viene mantenuta la temperatura • l'acqua evapora finché nel recipiente non rimane più niente (il sale evapora insieme all'acqua?) o l'acqua evapora e sul fondo del recipiente rimane raccolto il sale

#### **Modulo C5: verifica delle ipotesi**

Mentre l'acqua evapora gli alunni riprendono a scrivere la relazione individuale annotando quello che osservano mentre l'esperienza procede; al termine dell'esperienza scrivono il risultato ottenuto, lo commentano confrontandolo con la loro ipotesi e ne traggono le conclusioni.

In una fase di discussione collettiva con l'insegnante vengono condivisi i risultati e le conclusioni emerse.

Scaldando la soluzione l'acqua incomincia ad evaporare piuttosto velocemente e al di sopra della superficie dell'acqua si crea uno strato di vapore che può essere visibile sotto forma di un addensamento "fumoso" al di sopra del recipiente. Con il procedere dell'evaporazione il livello dell'acqua all'interno del recipiente diminuisce ed il sale incomincia a depositarsi sul fondo del recipiente. Questo accade perché diminuendo il volume di acqua, diminuisce anche la quantità di sale disciolto che la soluzione può contenere; la soluzione diventa satura ed il sale in eccesso si deposita sul fondo. Facendo evaporare completamente l'acqua si riesce a riottenere tutto il sale che era in soluzione, raccolto nel recipiente.

L'esperienza può essere ripetuta anche con soluzioni contenenti altri soluti in modo da fare osservare agli studenti che, in generale, facendo evaporare

L'acqua si può riottenere il soluto che era disciolto. Da qui gli studenti dovrebbero capire che la possibilità di separare il soluto dal solvente attraverso un processo fisico (in questo caso attraverso il passaggio di stato dell'acqua da liquido a vapore) è una caratteristica di tutte le soluzioni. L'insegnante fa notare (eventualmente anche eseguendo una esperienza funzionale allo scopo) che, in certi casi, mescolando due sostanze chimiche diverse si ottiene un nuovo composto che, apparentemente potrebbe sembrare una soluzione, ma da cui non è possibile riottenere le sostanze di partenza, almeno non attraverso un processo fisico. Una soluzione è quindi definibile tale solo quando, attraverso un processo fisico, è possibile riottenere il soluto e il solvente separati e inalterati.

L'insegnante può ripetere l'esperienza utilizzando una semplice attrezzatura per distillazione (beuta chiusa collegata ad un tubo di vetro che si svuota in un recipiente) che permette di raccogliere l'acqua evaporata in un altro recipiente così da riottenere separatamente sia il sale sia l'acqua di partenza.

Con questa esperienza si può introdurre il concetto di reversibilità di un processo: l'insegnante fa presente che se un processo, che porta da certe sostanze iniziali (soluto e solvente) a prodotti finali (soluzione), può essere svolto anche nella direzione inversa, riottenendo dai prodotti le sostanze iniziali, si parla di reversibilità del processo. L'argomento sarà ripreso e ulteriormente elaborato nella trattazione delle reazioni chimiche.

**Modulo B6: funzionale all'avvio della costruzione del concetto di conservazione della massa.** Questo modulo può essere trattato anche dopo il modulo B sulla definizione di solubilità.

Traendo spunto dalla definizione di solubilità come proprietà di scomparire alla vista di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido, l'insegnante può approfondire come gli studenti interpretino la frase "scompare alla vista": se sono consapevoli del fatto che, nonostante il sale non sia più visibile, comunque è sempre presente nella soluzione e il suo peso avrà una certa influenza sul peso della soluzione.

fase 1: L'insegnante prepara davanti agli alunni una soluzione di cloruro di sodio e acqua mescolando in un recipiente (di cui è noto il peso), ad esempio, 20 grammi di sale in 100 grammi di acqua; il sale scompare alla vista e si ottiene un liquido trasparente che apparentemente sembra acqua pura. A questo punto chiede agli alunni di scrivere individualmente quale dovrebbe essere il peso della soluzione motivandone il perché.

fase 2: gli alunni confrontano le loro idee in piccoli gruppi scrivendo le opinioni concordi e non.

fase 3: in una discussione generale l'insegnante scrive alla lavagna i risultati attesi dai gruppi e le loro motivazioni. In seguito pesa la soluzione che dovrebbe risultare di 120 grammi (sottraendo il peso del recipiente).

A questo punto chiede agli alunni, in particolare a chi non si aspettava quel risultato, di cercare di dare una spiegazione del risultato ottenuto. Segue una discussione finale guidata dall'insegnante che porta ad una soluzione motivata e condivisa del problema posto.

possibile che per alcuni alunni il peso della soluzione corrisponda a quello della sola acqua in quanto il fatto che il sale scompaia alla vista potrebbe erroneamente portare e pensare che anche la sua massa "scompaia" e che il suo peso non abbia più influenza sul peso della soluzione. Dopo aver verificato il peso della soluzione, nella fase di discussione collettiva dovrebbe emergere che il peso della soluzione è dato dalla somma del peso dell'acqua e del sale e che quest'ultimo, anche se scompare alla vista, è sempre presente nell'acqua non più in forma di cristalli ma di particelle più piccole invisibili ad occhio nudo e al microscopio. Per quanto piccole e invisibili le particelle di sale disciolto hanno una loro massa ed hanno un loro peso, lo stesso che avevano i cristalli di sale inizialmente. La massa del sale è quindi conservata, nonostante esso non sia visibile; il peso della soluzione è infatti la somma dei pesi delle due componenti.

Per verificare ulteriormente questo concetto, può essere utile realizzare l'esperienza della separazione delle due componenti della soluzione tramite evaporazione dell'acqua (modulo B5) in modo che i ragazzi osservino che il sale continua ad essere presente nell'acqua da cui si può separare e constatare che il suo peso è sempre lo stesso.

Gli studenti incominciano a costruirsi mentalmente il concetto di conservazione della massa: in presenza di processi che portano a trasformazioni nella struttura o nello stato di aggregazione delle sostanze, la massa delle sostanze coinvolte nel processo rimane comunque costante.

L'argomento sarà ripreso e ulteriormente elaborato nella trattazione delle reazioni chimiche.

## R.

### Obiettivi:

avvio alla

- .....

- capacità di evidenziare in un'attività pratica il confermarsi di quanto affermato teoricamente

- capacità di procedere utilizzando le osservazioni effettuate di volta in volta

- capacità di effettuare scelte operative adeguate alla situazione in cui ci si trova

### Modulo A

.....

#### Alternativa per il Modulo B funzionale a far giungere i ragazzi alla definizione del fenomeno:

fase 1 l'insegnante, dopo aver rilevato che il fatto che il sale da cucina si scioglie nell'acqua viene espresso di solito affermando che il sale da cucina è solubile nell'acqua, chiede agli alunni come spiegherebbero a parole il significato di sostanza solubile. In particolare, invita gli alunni a completare la seguente frase: "Si dice che una sostanza solida (per esempio, il sale da cucina) è solubile in un liquido (per esempio l'acqua) quando....."

fase 2: gli alunni, dopo aver completato individualmente la frase precedente su un foglio consegnato loro dall'insegnante (e possibilmente personalizzato), vengono divisi in gruppi

fase 3: un rappresentante per ogni gruppo legge o espone oralmente le definizioni condivise e quelle non condivise.

**fase 4:** l'insegnante scrive alla lavagna una definizione per ogni gruppo tra le quali, in seguito ad una discussione generale, viene scelta una soltanto, che potrebbe essere la seguente: "Poiché il fenomeno dello sciogliersi di una sostanza in un'altra viene denominato con il termine solubilità, possiamo definire la solubilità come la proprietà di scomparire alla vista da parte di una sostanza solida quando viene mescolata con un liquido."

Modulo C<sub>1</sub> (fa seguito all'opzione B precedente) tratto di percorso in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse (N.B. se il giorno della lezione cambia, l'insegnante si preoccupa di ricapitolare ciò che è stato fatto in precedenza aiutato da un paio di alunni)

fase 1: l'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di verificare se la definizione di sostanza solubile scelta sia valida o no. Ogni alunno scrive su un foglio personalizzato con nome e cognome.

fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi per confrontare le esperienze suggerite dai singoli, arrivando alla messa a punto di un'esperienza condivisa che scrivono su un foglio consegnato loro dall'insegnante.

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza condivisa che è stata selezionata ed esplicita eventuali divergenze di opinione.

fase 4: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa, che verrà eseguita nel successivo modulo D<sub>1</sub>.

### Modulo D<sub>1</sub>

fase 1: l'insegnante, in laboratorio, divide la classe in gruppi e fornisce a ciascun gruppo i seguenti materiali: due becker vuoti, cloruro di sodio (comune sale da cucina), sabbia, un terzo becker contenete acqua e un attrezzo per mescolare, anche un semplice cucchiaino.

fase 2: viene richiesto a ciascun gruppo di provare a sciogliere in becker separati la sabbia e il sale in acqua e di annotare su un foglio ciò che si

verifica nei due contenitori.

fase 3: ogni gruppo deve scrivere di seguito alle osservazioni precedenti se queste confermano o meno la definizione di sostanza solubile scelta al termine del punto B del percorso.

fase 4: l'insegnante, alla luce dell'esperienza appena svolta conferma la definizione di sostanza solubile e spiega la differenza tra miscugli e soluzioni. "Un miscuglio è un insieme di due o più sostanze che pur essendo intimamente mescolate tra loro conservano ciascuna le proprie caratteristiche (colore, odore, sapore, stato fisico e così via)."

"Una soluzione è un tipo particolare di miscuglio omogeneo in cui i componenti sono indistinguibili sia ad occhio nudo che al microscopio."

### Modulo C<sub>2</sub>

fase 1: l'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di separare i componenti di un miscuglio. Gli alunni scrivono su un foglio personalizzato con nome e cognome la loro proposta.

fase 2: Gli alunni vengono divisi in gruppi per confrontare le esperienze suggerite dai singoli, arrivando alla messa a punto di un'esperienza condivisa che scrivono su un foglio consegnato loro dall'insegnante.

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza condivisa che è stata selezionata ed esplicita eventuali divergenze di opinione.

fase 4: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

### Modulo D<sub>2</sub>

fase 1: l'insegnante, in laboratorio, divide la classe in gruppi e fornisce ciascun gruppo i seguenti materiali: un becker contenente un miscuglio di sabbia e acqua, una beuta, un imbuto e alcuni dischi di carta da filtro.

fase 2: viene richiesto a ciascun gruppo di provare a filtrare il miscuglio di acqua e sabbia e di annotare su un foglio ciò che succede.

fase 3: ogni gruppo deve scrivere di seguito alle osservazioni precedenti se l'esperienza scelta al punto C<sub>2</sub> precedente si è rivelata efficace per separare i componenti del miscuglio.

fase 4: l'insegnante, alla luce dell'esperienza appena svolta, spiega agli alunni che una delle tecniche più diffuse per separare i componenti di un miscuglio solido/liquido è la filtrazione effettuata utilizzando i filtri più adatti in ogni circostanza.

### Modulo C<sub>3</sub>

fase 1: l'insegnante chiede agli alunni di mettere a punto un'esperienza che permetta di separare i componenti di una soluzione. Gli alunni scrivono su un foglio personalizzato con nome e cognome la loro proposta.

fase 2: gli alunni vengono divisi in gruppi per confrontare le esperienze suggerite dai singoli, arrivando alla messa a punto di un'esperienza condivisa che scrivono su un foglio consegnato loro dall'insegnante.

fase 3: il rappresentante di ogni gruppo espone l'esperienza condivisa che è stata selezionata ed esplicita eventuali divergenze di opinione.

fase 4: l'insegnante in una discussione generale, scrive alla lavagna i punti che accomunano le diverse proposte e giunge alla messa a punto di un'unica sequenza operativa.

### Modulo D<sub>3</sub>

fase 1: l'insegnante, in laboratorio, divide la classe in gruppi e fornisce ciascun gruppo i seguenti materiali: un becker contenente una soluzione di cloruro di sodio e acqua, un becco Bunsen e un trespolo.

fase 2: viene richiesto a ciascun gruppo di portare ad ebollizione la soluzione di acqua e cloruro di sodio contenuta nel becker fino a far evaporare tutta l'acqua e di annotare su un foglio ciò che succede.

fase 3: ogni gruppo deve scrivere di seguito alle osservazioni precedenti se l'esperienza scelta al punto C<sub>3</sub> recedente si è rivelata efficace per separare i componenti della soluzione.

fase 4: l'insegnante fa notare agli alunni che sul fondo del contenitore è rimasto solo il sale, mentre tutta l'acqua è evaporata e illustra loro il procedimento della

distillazione, utilizzato per separare i componenti di una soluzione formata da un solido e un liquido, ottenendo entrambi i componenti.

Nel dispositivo per la distillazione il vapore viene fatto condensare in un tubo costantemente raffreddato con acqua corrente e l'acqua distillata viene raccolta facendola sgocciolare in un recipiente.

## S.

### Premessa

In un percorso didattico proposto per esaminare il fenomeno della dissoluzione del sale in acqua i due obiettivi che reputo essere di maggior interesse sono:

- ✓ favorire la comprensione: (chiarire alcune nozioni scientifiche e contemporaneamente sviluppare proprietà linguistiche e terminologiche, a partire da un fenomeno di esperienza comune, ma che richiede in realtà, per una compiuta comprensione, anche riflessioni di carattere chimico-fisico, non immediatamente evidenti ad un esame superficiale).
- ✓ dare una definizione (cominciare a sviluppare nella mente degli studenti una metodologia di approccio scientifico ad un'esperienza comune, che si presenta inizialmente come estremamente semplice, per arrivare ad una sua prima definizione, che dovrà essere poi verificata ed eventualmente corretta, atta a permettere di fare previsioni in casi diversi da quello considerato.)

Per completare quindi il percorso, aggiungerei tre punti alla lista predisposta durante il corso:

### Obiettivi (elenco da completare):

avvio alla

- .....

-capacità di verifica della prima definizione del fenomeno, e, nel caso che emergano aspetti non previsti prima, sua correzione o completamento.

-capacità di utilizzare la definizione per effettuare previsioni su casi diversi da quello preso in esame.

-capacità di estendere l'esperienza ad altri casi per meglio mettere a fuoco il fenomeno generale della solubilità.

### Modulo A:

.....

Dopo aver effettuato le prove sperimentali dei Moduli C e D e dopo aver raggiunto la prima definizione di solubilità nel Modulo B alternativo, procederei come segue:

### Modulo 2A

L'insegnante, dopo aver rammentato gli aspetti teorici e sperimentali posti in evidenza nei moduli precedenti, nonché la prima definizione di solubilità come la caratteristica di una sostanza di scomparire alla vista se miscelata con un liquido, chiede di rispondere individualmente su un foglio a

domande del tipo:

1. è sempre vero che la sostanza disciolta scompare completamente alla vista?
2. se scompare, come faresti per accertarti che essa è ancora presente nel liquido?
3. se è ancora presente, come potresti fare per recuperarla?

La procedura da seguire potrebbe essere poi quella già sperimentata:

fase 1: risposte individuali

fase 2: divisione della classe in gruppi

fase 3: presentazione delle risposte condivise nei gruppi da parte dei rappresentanti

fase 4: discussione generale e impostazione di una nuova fase sperimentale.

### **Modulo 2B**

Basandosi sulle risposte emerse e commentate nel modulo precedente, l'insegnante fa procedere la classe ad una nuova fase in cui si cerca di verificare la validità o meno delle conclusioni emerse nel modulo precedente (il lavoro potrebbe essere ripercorso per ciascuna delle domande poste dall'insegnante nei moduli 2.1B, 2.2B, 2.3B...)

#### **Modulo 2.1B (la sostanza disciolta scompare sempre alla vista?)**

fase 1 scelta di uno dei casi in cui il solido non scompare alla vista (per esempio quando metto molto sale in poca acqua: soluzione satura di NaCl) I ragazzi sicuramente troveranno anche molti casi in cui dei composti colorati come gli acquarelli sciolti in acqua non scompaiono alla vista, lo stesso percorso condotto qui per arrivare ad una nuova definizione della solubilità del cloruro di sodio in acqua può essere poi ripercorso utilizzando altre sostanze al fine di avviare la classe alla capacità da una parte di generalizzare una definizione applicandola anche a casi diversi da quello su cui è stata formulata (per esempio una soluzione di acqua e zucchero, o acqua e acquarelli appunto) e dall'altra all'utilizzo di una definizione per decidere quale tipo fenomeno si sta osservando (per esempio mescolando pochi grammi di bicarbonato in acqua esso scompare alla vista, quindi anch'esso è una soluzione, viceversa mischiando pochi grammi di sabbia o borotalco ed acqua essi non scompaiono quindi non sono una soluzione).

fase 2 messa a punto di un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno (in questo caso il lavoro potrebbe essere condotto come nei precedenti con una fase individuale, una di gruppo e una fase di discussione collettiva che porti alla definizione di una sola esperienza da realizzare)

#### **Modulo 2C (a seguito di B1)**

Realizzazione dell'esperienza, per verificare che anche nei casi di una soluzione satura di NaCl in cui la sostanza non scompare completamente si può comunque avere una soluzione

Materiale:

Acqua distillata (disponibile in tutti i supermercati per i ferri da stiro)

NaCl possibilmente puro per analisi

Piastra agitatrice, riscaldante

Ancoretta magnetica

Bilancia

Beker da litro

Il docente prepara una soluzione satura a temperatura ambiente e senza agitazione ma tale che scaldandola ed in condizioni di agitazione (parametri che i ragazzi già conoscono come fattori che influenzano la solubilità del NaCl) scompaia il corpo di fondo dando una soluzione limpida.

#### **Modulo 2.2B (se una sostanza scompare alla vista come faresti per accertarti che è ancora presente?)**

fase 1: scelta di una delle modalità individuate nella fase precedente modulo 2A per accertarsi che la sostanza sia ancora presente: per esempio pesando la soluzione.

(Sicuramente una delle risposte dei ragazzi prevederà la soluzione di assaggiare l'acqua, da questo spunto potrebbe partire un nuovo modulo per avviare la classe alla comprensione della pericolosità di alcune sostanze e sulla necessità di avere metodi applicabili a tutte le sostanze da analizzare).

fase 2: messa a punto di un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno (in questo caso il lavoro potrebbe essere condotto come nei precedenti con una fase individuale, una di gruppo e una fase di discussione collettiva che porti alla definizione di una sola esperienza da realizzare)

#### **Modulo 2C (a seguito di B2)**

Realizzazione dell'esperienza, per verificare che la presenza di NaCl in una soluzione può essere riscontrata tramite pesatura

Materiale:

Acqua distillata (disponibile in tutti i supermercati per i ferri da stiro)

NaCl possibilmente puro per analisi

Piastra agitatrice, riscaldante

Ancoretta magnetica

Bilancia analitica

Beker da litro

Cilindro da litro

Il docente prepara un litro di acqua distillata che fa pesare ai ragazzi, prepara 20g di NaCl che fa pesare ai ragazzi, miscela nel beker (precedentemente pesato) acqua e sale, scaldando ed agitando la soluzione fino alla completa scomparsa del sale. Chiede ai ragazzi di pesare il beker con la soluzione e una volta sottratto il peso del contenitore vuoto se è possibile utilizzare il dato ottenuto come prova della presenza del NaCl nell'acqua.

#### **Modulo 2.3B (se è ancora presente, come potresti fare per recuperarla?)**

fase 1: scelta di una delle modalità individuate nella fase precedente modulo 2A come prove di separazione per il recupero del soluto (filtrazione, decantazione...); prova di recupero del soluto mediante evaporazione dell'acqua, e successiva pesatura del solido recuperato.

fase 2: messa a punto di un'esperienza che permetta di verificare se le previsioni fatte sono vere o meno (in questo caso il lavoro potrebbe essere condotto come nei precedenti con una fase individuale, una di gruppo e una fase di discussione collettiva che porti alla definizione di una sola esperienza da realizzare)

#### **Modulo 2C (a seguito di B3)**

Realizzazione dell'esperienza, per verificare il soluto NaCl in una soluzione può essere recuperato o meno tramite filtrazione o evaporazione

#### **C1 Filtrazione**

Materiale:

Acqua distillata (disponibile in tutti i supermercati per i ferri da stiro)

NaCl possibilmente puro per analisi

Piastra agitatrice, riscaldante

Ancoretta magnetica

Bilancia analitica

Beker da litro

Cilindro da litro

Sistema filtrante

Il docente prepara una soluzione di NaCl che poi filtra attraverso (membrane da microfiltrazione, filtri a siringa.....) e chiede ai ragazzi di verificare se il cloruro di sodio è stato recuperato o meno

## C2 Evaporazione

Materiale:

Acqua distillata (disponibile in tutti i supermercati per i ferri da stiro)

NaCl possibilmente puro per analisi

Piastra agitatrice, riscaldante

Ancoretta magnetica

Bilancia analitica

Beker da litro

Cilindro da litro

Sistema filtrante

Il docente prepara una soluzione di NaCl che poi fa evaporare e chiede ai ragazzi di verificare se il NaCl è stato recuperato o no (per avviare la classe alla capacità di generalizzare come per il modulo 2.1B si potrebbe estendere la procedura ad altre sostanze insolubili nell'acqua e che quindi possono essere recuperate anche per filtrazione)

**Alla fine di questo percorso sperimentale l'insegnante potrà come tema di discussione: è ancora completamente valida la definizione precedente di soluzione (o solubilità) oppure occorre modificarla o completarla? Si potrebbe ad esempio aggiungere:....."scompare almeno parzialmente alla vista, come solido, formando una fase unica e limpida, non separabile mediante semplici mezzi fisici, se non l'evaporazione del solvente".**

## Modulo 2D

È il modulo destinato a completare ed allargare l'intero percorso, mediante prove atte a studiare casi diversi e a porre in evidenza l'ultimo concetto fondamentale della solubilità, quello dell'affinità tra soluto e solvente, cioè che le sostanze solubili in acqua possono non esserlo in altri liquidi, mentre quelle solubili in altri liquidi possono non esserlo in acqua. L'insegnante inviterà quindi gli studenti a rispondere a domande di questo tipo:

1 tutte le sostanze si sciolgono nell'acqua allo stesso modo? cioè nelle stesse proporzioni?

2 i liquidi sono solubili tra loro? cioè se mescolo due liquidi trovo ancora una soluzione o no?

3 se invece dell'acqua usiamo un altro liquido, il sale si scioglie ugualmente?

L'insegnante, dopo aver suggerito questi temi organizza la solita procedura risposte individuali/ gruppi/ portavoce/ discussione generale- determinazione programma di prove. ....

Può suggerire prove su sostanze solubilissime in acqua, come lo zucchero, e mostrare come questo possa arrivare a concentrazioni molte volte superiori a quelle del sale, o quasi insolubili come il talco, e mostrare come questo si possa recuperare per semplice filtrazione può suggerire la miscelazione di acqua e alcol e di acqua e olio per mostrare la formazione di una vera soluzione liquido- liquido o di una emulsione, che si separerà se lasciata in riposo per un po' di tempo, ecc.

## Modulo E

L'insegnante a questo punto potrà far seguire una fase finale di riflessione su quanto finora emerso, proponendo agli studenti di scrivere su fogli i dubbi che sono venuti loro in mente a cui non hanno trovato risposta nelle sperimentazioni e nelle spiegazioni.

Sulla base di queste domande, che potranno essere presentate al solito modo, come risultato delle discussioni di gruppo e generali, potranno essere sviluppate nuove spiegazioni e sviluppato un riassunto dell'intero percorso. In questa fase sarà anche possibile e utile portare nuovi esempi di soluzioni, che ricorrono nell'esperienza quotidiana degli studenti (l'acqua di mare è una soluzione, il vino e la Coca Cola sono delle soluzioni, ecc.)

L'esemplificazione potrà anche essere estesa a sistemi biologici e viventi (plasma del sangue, linfa delle piante, ecc.) e a quella degli ecosistemi (nutrizione delle piante e delle foreste, inquinamento da sostanze tossiche disciolte nell'acqua, piogge acide, ecc.). L'insegnante potrà infine sottolineare il carattere dell'acqua come solvente, un solvente così buono che è molto difficile averla come acqua pura esente da sostanze disciolte, se non ricorrendo alla distillazione o ad altre tecniche quali microfiltrazioni, osmosi, deionizzazioni, ecc.

Lo scopo prefissato di sviluppare nei ragazzi la capacità di esaminare un fenomeno naturale per interpretarlo e arrivare ad una sua definizione, nonché la capacità critica di modificare le prime impressioni davanti a risultati di prove sperimentali nuove e diverse e quella, dettata dalla curiosità, di allargare la conoscenza verso altri casi, può così essere raggiunto. Poi, se il tempo lo consente, il percorso può essere ampliato a tutta una serie di altre considerazioni e nozioni nel campo della chimica e della fisica, della biologia ecc. Un ultimo risultato, non trascurabile, sarà quello avviare a creare una certa correttezza linguistica e terminologica: è corretto dire che il sale si scioglie in acqua, lo zucchero si scioglie in acqua, non è corretto dire che la neve si scioglie al sole, ma fonde, il burro non si scioglie nel pentolino ma anch'esso fonde.

## U.D. 1 Esperienza cloruro di sodio e acqua

Mod.	ATTIVITA'			OBIETTIVI
Lez. I	descrizione individuale	discussione in gruppo	descrizione condivisa	capacità di individuare le variabili che influenzano un fenomeno (= capacità di deduzione)
Lez. II	discussione generale + definizione collettiva	discussione in gruppo + descrizione condivisa	trascrizione individuale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacità di formulare previsioni e ipotesi interpretative</li> <li>capacità di predisporre dettagliatamente procedure sperimentali che consentano di verificare le previsioni fatte (= capacità di progettazione)</li> </ul>
Lez. III	realizzazione dell'esperienza in laboratorio in gruppo con ruoli prestabiliti	Redazione individuale	discussione in gruppo + descrizione condivisa	<ul style="list-style-type: none"> <li>capacità di descrivere in sequenza ordinata avvenimenti e fenomeni, in relazione ad ogni parametro evidenziato (capacità di distinzione tra il descrivere e l'interpretare);</li> <li>capacità di osservare, evidenziare analogie o differenze, classificare, generalizzare, sintetizzare,</li> <li>capacità di rappresentare dati in una tabella (<i>ob. trasv.: percentuali</i>)</li> </ul>
Lez. IV	discussione collettiva + definizione condivisa			capacità di mettere a punto una definizione del fenomeno "solubilità" usando in maniera appropriata un certo numero di termini (= Capacità linguistiche, capacità di sintesi, di generalizzazione)
Lez. V	Ipotesi individuale	discussione in gruppo + ipotesi condivisa	discussione collettiva + progettazione condivisa + trascrizione individuale	<ul style="list-style-type: none"> <li>capacità di indagare sui metodi di separazione dei due componenti originari in soluzione (= capacità di astrazione)</li> <li>capacità di predisporre dettagliatamente le procedure sperimentali che consentano di verificare la separabilità dei componenti della soluzione (= capacità di progettazione)</li> </ul>
lez. VI	realizzazione dell'esperienza in laboratorio in gruppo con ruoli prestabiliti	Redazione individuale	discussione collettiva + definizione condivisa	(v. lez. III)
Lez. VII	discussione collettiva + definizione condivisa	Riflessione scritta a casa individuale o di gruppo	progettazione a casa individuale o di gruppo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indagare in quali contesti della vita di tutti i giorni si può rilevare il comportamento della soluzione NaCl + H<sub>2</sub>O (es. sale accelera la fusione del ghiaccio, sale raffredda l'acqua in soluzione) (= capacità di analisi)</li> <li>capacità di mettere a punto una definizione di separazione dei componenti, usando in maniera appropriata un certo numero di termini (= Capacità linguistiche, capacità di distinzione tra il descrivere e l'interpretare)</li> </ul>
Lez. VIII	Discussione degli elaborati casalinghi + descrizione condivisa	discussione in gruppo + ipotesi condivisa	discussione collettiva + progettazione condivisa	avviare all'analisi scientifica dei fenomeni della vita quotidiana con l'uso consapevole di strumenti adeguati
Lez. IX	realizzazione dell'esperienza in laboratorio in gruppo	Redazione individuale	discussione collettiva	<i>Trasversalità: evaporazione dell'acqua nelle saline, distribuzione delle saline sul territorio italiano (si può riprodurre una mini-salina in classe)</i>
Lez. X	discussione in gruppo + descrizione condivisa	discussione collettiva + definizione condivisa		capacità di sintesi, di generalizzazione
Lez. XI	verifica pratica	realizzazione individuale in laboratorio dell'esperienza scelta	descrizione individuale	Valutazione dell'insegnante
Lez. XII	verifica scritta	individuale		Valutazione dell'insegnante

## U.D. 2 Esperienza miscugli omogenei ed eterogenei

Mod.	ATTIVITA'			OBIETTIVI
Lez. I	descrizione individuale	discussione in gruppo + descrizione condivisa	discussione collettiva + progettazione condivisa + trascrizione individuale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacità di formulare previsioni e ipotesi interpretative</li> <li>• capacità di predisporre dettagliatamente procedure sperimentali che consentano di verificare le previsioni fatte (= capacità di progettazione)</li> </ul>
Lez. II	realizzazione dell'esperienza in laboratorio in gruppo con ruoli prestabiliti	Redazione individuale	discussione collettiva + definizione condivisa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• capacità di descrivere in sequenza ordinata avvenimenti e fenomeni (capacità di distinzione tra il descrivere e l'interpretare);</li> <li>• capacità di osservare, evidenziare analogie o differenze, classificare, generalizzare, sintetizzare,</li> <li>• capacità di rappresentare dati in una tabella</li> </ul>
Lez. III	discussione collettiva	definizione condivisa		<ul style="list-style-type: none"> <li>• avviare all'analisi scientifica dei fenomeni della vita quotidiana con l'uso consapevole di strumenti adeguati</li> <li>• capacità di mettere a punto una definizione dei diversi <i>miscugli</i>, usando in maniera appropriata un certo numero di termini (= Capacità linguistiche, capacità di sintesi, di generalizzazione)</li> </ul>

# L'ESPERIENZA DEL TIROCINIO DIDATTICO E DEL LABORATORIO DI DIDATTICA NELLA FORMAZIONE PRIMARIA DEI DOCENTI: UN BILANCIO, LE PROSPETTIVE

**Cristina Duranti(\*), Fabio Olmi (\*\*)**

(\* ) *SSIS Toscana, sede di Pisa- Indirizzo Scienze Naturali*

(\*\*) *SSIS Toscana, sede di Firenze- Indirizzo Scienze Naturali*

Mentre si sta attivando il VI ciclo delle Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario (SSIS) si delinea con sempre maggior chiarezza quale sarà la fisionomia della nuova formazione primaria dei docenti conseguente alla riforma universitaria. Ebbene, da quanto è dato di sapere al momento, con la riforma universitaria si prospetta il grave pericolo della perdita di un contributo di gran valore concreto e simbolico delle attuali Scuole di Specializzazione: il prezioso rapporto instauratosi tra Università e Scuola e probabilmente l'apporto della scuola "esperta" alla formazione primaria dei docenti. Lo scopo di questo intervento è delineare, sulla base di un'ampia indagine compiuta presso le Sedi di numerose SSIS, il contributo essenziale alla formazione dei docenti degli Indirizzi scientifici dato dagli insegnanti esperti della scuola secondaria (appartenenti in gran parte alle Associazioni professionali disciplinari come la Divisione Didattica – Società Chimica Italiana (DD/SCI), l'Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali (ANISN) e l'Associazione Insegnanti di Fisica (AIF) in cui sono stati attivi) come vincitori di concorsi ad hoc (per l'Area 4), o come docenti a contratto (per l'Area 3 e 2).

## **1. L'indagine compiuta presso le SSIS**

Per rendere il quadro che intendiamo tracciare più aderente possibile alla realtà attuale delle SSIS, abbiamo effettuato un'indagine presso una quindicina di sedi di molte Regioni, coprendo un po' tutta Italia. Hanno risposto all'indagine (Settembre-Ottobre 2004) undici sedi SSIS appartenenti alle seguenti Regioni: Piemonte, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna, Toscana, Marche, Lazio, Puglia, Sicilia, Sardegna).

Abbiamo approntato allo scopo due schede, una per il Tirocinio (Area 4) e una per il Laboratorio di didattica (Area 3) e la Didattica delle discipline (Area 2): la Fig. 1 mostra il fac-simile di queste schede.

Abbiamo scelto la strada dell'indagine diretta poiché, consultando i siti delle diverse SSIS, spesso non sono risultati utili per il nostro scopo perché riportano o dati parziali o situazioni superate dal tempo.

### **1.1 Le esperienze di Tirocinio Didattico (Area 4)**

*"L'attività di tirocinio è sicuramente quella più importante in quanto permette di osservare e di agire in un contesto scolastico reale. Essa ha costituito un momento di confronto con quanto osservato e quanto appreso nelle precedenti aree ma è stato anche un momento di apprendimento diretto. ....ho avuto la possibilità di svolgere il tirocinio in scuole molto differenti tra loro (un Istituto Tecnico Agrario ed un Liceo Scientifico) e questo mi ha consentito di avere una visione più completa del contesto scolastico attuale. .... il momento del tirocinio mi ha permesso di comprendere appieno il ruolo dell'insegnante come educatore, attento non solo agli aspetti disciplinari ma anche a quelli educativo-comportamentali....."*  
(1).

Da questa riflessione finale di un allievo dell'indirizzo di Scienze Naturali del IV ciclo della SSIS Toscana, sede Pisa, si coglie quanto grande sia la ricchezza dell'esperienza di tirocinio e quanto elevato sia il suo potenziale formativo nel contesto attuale, cioè quello previsto dal D.M. 26 maggio 1998 che ha regolamentato le Scuole di specializzazione per l'insegnamento secondario (SSIS).

Tale decreto definisce il tirocinio come "le esperienze svolte presso istituzioni scolastiche al fine dell'integrazione tra competenze teoriche e competenze operative" e prevede che alle attività ad esso riferite "ivi comprese le fasi di progettazione e di verifica, è destinato .... non meno del 25 per cento dei crediti per la scuola".

Esso è, dunque, collocato **all'interno** della formazione iniziale e **l'accompagna per l'intero biennio** guidato e "controllato" da un Supervisore, docente di ruolo "esperto" della scuola secondaria superiore **selezionato per concorso** per titoli ed esami (ne sono stati espletati 2 dopo di che i Supervisor sono stati riconfermati nell'incarico annualmente) e distaccato in parte presso la sede universitaria della SSIS .

Sia la **collocazione** del tirocinio come parte integrante della SSIS, sia **la presenza del docente supervisore** segnalano un significativo quanto inedito legame Università/scuola che ha dato senza dubbio buoni frutti; come vedremo più in dettaglio più avanti, **la Legge 53/2003 all'art.5, relativa alla formazione dei docenti, va ad annullare questa esperienza senza che, peraltro, ne siano stati fatti un bilancio sistematico e una valutazione pubblici.**

**Fig. 1 - SCHEDE DI INDAGINE SULLE AREE DI FORMAZIONE 2, 3, 4 DELLA SSIS (\*)**

<b>A) Tirocinio Didattico (Area 4)</b>		
-		
- Classe/i di concorso a cui si riferisce il tirocinio		
- Quale pacchetto orario è riservato al tirocinio?		
	I ANNO	II ANNO
Ore Tirocinio	.....	.....
di cui ore tir. Osservativo- riflessivo	.....	.....
di cui ore tir. Collaborativo-Attivo	.....	.....
-		
- Nel caso della frequenza contemporanea di 2 o più classi di concorso, quale distribuzione dell'orario è realizzata?		
-		
- Se è stato steso un progetto tirocinio nella vostra Sede o nel vostro Indirizzo quali sono le caratteristiche essenziali?		
-		
- Il tirocinio viene svolto solo nelle classi di concorso per cui si chiede l'abilitazione?		
- Quali sono le fasi salienti in cui il tirocinio è articolato?		
- Oltre alla presenza in aula con l'insegnante accogliente (tiroc. Osservativo, tir. Attivo) quali altre attività didattiche rientrano nell'orario di tirocinio (colloqui con SVT, attività di progettazione, ..)		
- Durante il corso dell'anno quanti colloqui avete mediamente con ciascun specializzando?		
- Con quali modalità si conclude la valutazione annuale dell'attività di tirocinio?		
- Nel caso sia previsto l'esame di tirocinio questo viene gestito solo dai supervisori? Se no insieme a chi?		
- L'esame di tirocinio è unico se vengono frequentate due classi di concorso contemporaneamente?		
- Quali tipi di elementi concorrono alla valutazione del tirocinio? Con quali cadenze?		
- Nei due anni del Corso di Specializzazione il tirocinio si svolge nella stessa scuola o si assegnano scuole diverse?		
-		
- Sono previste forme di preparazione dei tutor? Se si, quali sono i caratteri essenziali?		
- Viene praticata una qualche forma di selezione dei tutor?.....		
- Altre considerazioni. Quali problemi o difficoltà sono sorte?		
<b>B) Laboratorio di Didattica (Area 3) e Didattica delle discipline (Area 2)</b>		
-		
- Come è concepito il Laboratorio di didattica (LabDid) (esercitativo-applicativo della parte teorica dell'area 2, come autonomo strumento di formazione correlato sia all'area 2 che al tirocinio,...)?		
- Da chi è progettato ( solo dai docenti universitari, dai docenti universitari in collaborazione con i supervisori, dai supervisori)?		
- Da chi è realizzato (idem)?		
- Quale spazio orario ha nell'arco dell'anno?		
- Quale rapporto tra Lab Did e ricerca didattica?		
- Quali attività prevalenti caratterizzano il Lab Did?		
- Rivolgendosi a docenti di scienze sperimentali è prevista un'attività di didattica di laboratorio ( progettazione e realizzazione di esperienze ed esperimenti...)? Se si, quale parte dell'orario del LabDid le viene assegnato?		
- Nell'ambito del Laboratorio quali temi sono esaminati e discussi (i "programmi" scolastici, i criteri per l'adozione di libri di testo, i sistemi di verifica e di valutazione,...)?		

(\*) Nella versione delle schede inviate alle diversi sedi SSIS le varie domande erano seguite da una serie di 1-4 righe per raccogliere sintetiche risposte.

Le risposte al questionario da noi proposto, relative alle 11 sedi SSIS di cui abbiamo detto, ci permettono di avere un quadro d'insieme significativo, anche se non statisticamente rappresentativo, delle esperienze di tirocinio. Dall'analisi delle risposte emergono i seguenti aspetti:

- Quasi tutte le SSIS hanno un progetto di tirocinio consultabile sui rispettivi siti che ne stabilisce le modalità di attuazione, i tempi, gli attori e il tipo di valutazione; in particolare dalla nostra indagine risulta che nelle sedi di Trieste, Roma, Cagliari, Firenze, Pisa e Siena è consentita la frequenza contemporanea di due classi di concorso. Per le sedi di Bologna, Torino, Ancona, Palermo, ad esempio, ciò non è previsto.

- Nelle sedi di Firenze, Pisa, Torino e Trieste lo specializzando ha l'opportunità di inserirsi in più di una scuola e, per quanto concerne le abilitazioni di scuola secondaria di II grado, di tipologia diversa (istruzione classica, tecnica, professionale e artistica) per rendere più varia e completa l'esperienza di tirocinio; nelle altre sedi oggetto dell'indagine è preferita la continuità nello stesso istituto.

- Il tutor appartiene alla stessa classe di concorso di cui lo specializzando chiede l'abilitazione anche se in alcune SSIS, come quella ligure, si organizzano incontri e visite collettive in scuole di ordine diverso e l'osservazione si riferisce anche ad insegnamenti differenti.

- Tutte le sedi prevedono lo svolgimento sia di tirocinio diretto in aula con il tutor, sia di tirocinio indiretto con i supervisori, consistente prevalentemente in incontri, in gruppi di riflessione/confronto sull'esperienza di ciascuno nelle scuole accoglienti, in attività seminariali su temi inerenti la professionalità docente e in attività di progettazione. A Torino, Ancona e Bologna è possibile anche la partecipazione a seminari, progetti e convegni esterni alla SSIS giudicati rilevanti per la formazione degli specializzandi. Per avere il senso della varietà delle soluzioni adottate, basta osservare che nelle sedi toscane il tirocinio indiretto occupa al massimo il 10% del monte ore complessivo mentre nelle Marche il 60% e che a Bologna il tirocinio diretto in aula è previsto unicamente al secondo anno.

- In tutti i casi nel tirocinio diretto c'è una fase osservativo-riflessiva che precede la fase attiva, talvolta distinta in due momenti, uno di tipo collaborativo e uno successivo durante il quale lo specializzando svolge in classe un segmento definito dell'attività didattica annuale (un modulo, una unità didattica, un percorso didattico su una certa tematica) precedentemente progettato in accordo con il tutor d'aula e con il supervisore. Di tale intervento l'allievo produce adeguata documentazione che comprende la collocazione nella programmazione del tutor, la descrizione dell'ambiente in cui ha operato e della classe, la motivazione della scelta di metodologie, linguaggi, strumenti disciplinari e didattici, gli obiettivi e l'articolazione delle diverse fasi che caratterizzano il percorso didattico, la produzione e correzione di una prova di verifica e la valutazione dei processi e dei risultati dell'attività di insegnamento-apprendimento.

- La progettazione dell'intervento didattico può essere compresa nel tirocinio oppure no ma ne costituisce sempre un momento essenziale e qualificante.

- Nelle SSIS di Bologna, Torino, Palermo, Pisa, Siena e Firenze il tirocinio si conclude con la stesura di una relazione nella quale l'allievo presenta il suo lavoro con le osservazioni, le riflessioni e le interpretazioni critiche della sua personale esperienza alla luce degli strumenti e dell'offerta formativa proposti dalla SSIS.

- È quasi sempre prevista, nel nostro campione fa eccezione la SSIS di Bari, una valutazione periodica del tirocinio con strumenti molto vari che comprendono l'uso del portfolio nella sede di Roma, la valutazione informale a Trieste, la scheda di rilevamento del tutor d'aula e la scheda di rilevamento delle tirocinio indiretto a Cagliari, l'esame con cadenza annuale a Torino, Palermo, Firenze, Pisa e Siena. In tutti i casi si tiene conto del giudizio formulato dal tutor d'aula sulla base di appositi materiali predisposti dalle SSIS.

- A Torino, Palermo, Pisa, Siena e Firenze il tirocinio è valutato con un esame universitario sulla base della relazione sull'esperienza svolta e di una prova orale; l'esame è gestito dai soli supervisori a Torino e nelle sedi toscane e da una commissione mista di supervisori e docenti universitari a Palermo. A Torino, Palermo e nelle sedi toscane l'allievo sostiene un esame di tirocinio per ogni classe di concorso frequentata.

- In tutti i casi la valutazione del tirocinio è tesa ad accertare se l'allievo è in grado di:

- documentare l'esperienza ( per esempio con l'uso di un "diario di bordo")
- autovalutarsi e modificare i propri comportamenti
- individuare le dinamiche di gruppo
- scegliere le metodologie didattiche
- usare vari strumenti didattici
- Progettare e produrre materiale didattico originale
- Formulare verifiche coerenti con gli obiettivi e valutare il processo d'apprendimento-insegnamento
- Progettare interventi didattici adeguati al contesto di classe
- stabilire relazioni e comunicazione efficace con i colleghi, con gli studenti e con il dirigente

- I tutor d'aula presso le scuole accoglienti sono scelti sulla base della *disponibilità personale* e non ci sono esperienze significative di formazione anche se alcune SSIS, come quella siciliana, organizzano periodicamente incontri con i supervisori, per confrontarsi su tematiche inerenti alla didattica disciplinare. Tutti segnalano problemi di reclutamento dei docenti accoglienti per la mancanza di riconoscimenti adeguati per la loro opera sia sul piano economico sia su quello dell'attestazione del titolo. Nessuna delle SSIS che hanno risposto al nostro questionario attua una qualche forma di selezione dei tutor se non dando la preferenza a persone di provata esperienza e disponibilità a mettersi in gioco.

### **1.2 Le esperienze di Laboratorio di Didattica (Area 3) e Didattica delle discipline (Area 2)**

**76** "L'Area 3, il Laboratorio di Didattica e la Didattica del Laboratorio, risulta, a mio avviso, un'esperienza fondamentale nel percorso formativo della specializzazione: rappresenta, infatti, il momento in cui i contenuti [dell'Area 2 e dell'Area 1] vengono rivisti criticamente e applicati nel contesto del processo di insegnamento-apprendimento. Dunque questa

attività comporta l'acquisizione di un capitale formativo imprescindibile per un futuro insegnante. In sintesi, la ricchezza degli apporti di cui ritengo aver beneficiato in questi due anni di laboratorio didattico può essere riassunta nei seguenti punti principali:

- Il concretizzarsi nell'ambito scientifico, dei "preceppi" teorici affrontati nell'Area 1 costituisce un elemento di valorizzazione degli stessi. Se una semplice trattazione "accademica" degli argomenti delle scienze dell'educazione può apparire svincolata dall'aspetto reale, l'applicazione nella didattica di indirizzo ne valorizza l'importanza...
- Il contatto che ci ha permesso di ristabilire col mondo della scuola superiore dal punto di vista dello statuto normativo e dell'impostazione programmatica....
- L'"incontro" con la ricerca didattica, altro aspetto di arricchimento ed apertura mentale oltre che preziosa fonte di suggerimenti e riflessioni. Prima della SSIS l'unica idea che avevo sulla ricerca riguardava esclusivamente quella scientifica in senso stretto.

Dal punto di vista dei contenuti affrontati in questi due anni di Laboratorio didattico, e che reputo di importanza fondamentale..., segnalerei i seguenti di assoluta rilevanza formativa:

- ...La progettazione curricolare per moduli e unità didattiche con la conseguente individuazione della migliore collocazione degli argomenti nel curriculum, dei prerequisiti necessari all'assimilazione dei contenuti, degli obiettivi operativi ...
- La selezione delle metodologie di indagine e di quelle didattiche che meglio si addicono ai singoli argomenti, nell'ottica di proporre un percorso formativo ottimale ai diversi livelli scolari.
- L'individuazione, per ogni materia dell'indirizzo, dei nodi concettuali problematici irrinunciabili e dei misconcetti più frequenti dei discenti... e dei docenti....
- L'analisi critica dei libri di testo, di cui sono stati evidenziati i limiti, gli aspetti positivi e una costante riflessione sulle caratteristiche che un tale supporto dovrebbe avere.
- La proposta di razionalizzazione della verifica formativa e sommativa e della valutazione....
- La didattica del laboratorio sia a livello di scuola media che secondaria superiore, quantomai essenziale anche guardando al contesto formativo personale (almeno per i naturalisti come il sottoscritto) che, nel percorso di studi universitario, ha visto, purtroppo, abbandonare ogni attività in questo campo. La duplice valenza di un percorso sia operativo, con l'esecuzione di molteplici esperienze, e riflessivo, sulla valenza didattica e sugli aspetti relativi alla sicurezza, copre appieno le esigenze della nostra figura professionale" (2).

Queste riflessioni di un allievo dell'Indirizzo Scienze Naturali al termine del IV ciclo (SSIS Toscana, sede di Firenze) esprimono molto bene l'apporto del Laboratorio di didattica (Area3) alla formazione dei docenti, sempre nel contesto attuale previsto dal D.M. 26 Maggio 1998. È questo un altro ambito della formazione iniziale dei docenti negli indirizzi scientifici delle attuali SSIS in cui si è sostanziata la collaborazione tra Università e Scuola; più marginalmente si è verificata nel caso della Didattica delle discipline (Area 2). Per tali Aree in alcune sedi (ad esempio le sedi toscane, Bologna, Ancona e Cagliari per il Laboratorio di didattica (Area 3) e Torino, Roma e Cagliari per la Didattica delle discipline) si è fatto ricorso al contributo dei supervisori o di insegnanti della scuola secondaria di II grado esperti di ricerca didattica e di ricercazione, affidando loro un incarico di insegnamento. Il più delle volte questi docenti risultano appartenenti alle Associazioni professionali accreditate per la formazione (DD/SCI, ANISN, AIF), coinvolti in gruppi di ricerca Università/scuola e nella formazione dei docenti in servizio.

La situazione che emerge sul Laboratorio di didattica e sulla Didattica disciplinare dall'analisi delle schede ritornate può essere così sintetizzata:

- Per quanto riguarda il modo di considerare il Laboratorio di didattica è prevalente la concezione di **autonomo strumento di formazione** correlato all'Area 2, in qualche caso anche all'Area 1, e al tirocinio didattico (Area 4) (Cagliari, Firenze, Siena, Pisa, Trieste, Roma, Torino, Ancona e Bologna). Le modalità poi con cui questo ruolo viene esercitato sono assai differenziate a seconda delle sedi.

- In una parte delle risposte (Roma, Firenze, Cagliari) si attribuisce al termine Laboratorio **un significato più ampio e articolato** di quello che di solito viene ad esso attribuito da chi ha seguito corsi universitari di tipo scientifico sperimentale, cioè il laboratorio dove si effettuano esperienze ed esperimenti di chimica, biologia, ecc.. A quest'ultimo modo di intendere il Laboratorio, che pure deve necessariamente rimanere (anche se "curvato" alla didattica nella formazione di insegnanti di Scienze di qualsiasi livello scolastico), se ne aggiunge cioè un altro, quello in cui si affrontano argomenti con modalità laboratoriale, cioè definendo le tematiche e circoscrivendo gli obiettivi che si intendono perseguire, si discute generalmente per gruppi, sull'analisi dei programmi, dei libri di testo, sulla progettazione curricolare, sui metodi didattici, sulla simulazione di lezioni, sulla verifica e valutazione, fino a giungere ad una visione unitaria e condivisa.... C'è anche chi distingue chiaramente (Toscana, sede di Firenze) tra i due tipi di laboratorio e parla di **Laboratorio di didattica (LabDid)** nel secondo caso, e di **Didattica del Laboratorio (DidLab)** nel I caso (3, 4), entrambi importanti nella formazione, ma rispondenti a filosofie diverse e ad esigenze didattiche differenti.

- La gestione di questi Laboratori viene generalmente affidata a chi li ha progettati: il più delle volte sono affidati in parte a docenti universitari, in parte a docenti di scuola secondaria superiore, generalmente i supervisori (Cagliari, Torino, Roma, Bologna, Pisa), in minor misura ai soli supervisori, docenti di scuola secondaria, (Firenze) oppure ai soli docenti universitari (Bari).

- Lo spazio orario dedicato ai laboratori è assai variabile: si va da una attribuzione di uno spazio-orario pari a quello dell'Area 2 e cioè 100 ore/anno (Roma, Firenze, Pisa) fino a 30-50 ore/anno (Cagliari, Trieste, Ancona, Torino, Bologna).

- In cinque sedi (Torino, Cagliari, Roma, Trieste e Pisa), sulle 11 che hanno risposto al questionario, vengono stipulati contratti con docenti di scuola secondaria per affidamento di pacchetti di ore dell'Area 2.

- Dall'esame delle relazioni finali per gli Esami di Stato risulta che il Laboratorio viene ritenuto in tutte le sedi "molto

apprezzato”, “molto utile”, “estremamente importante” e di grande utilità per la formazione professionale ( pari o più del tirocinio didattico).

- Fra i problemi incontrati, laddove l’orario scende a livelli poco significativi, emerge quello del poco tempo per coprire la gamma delle esigenze e per valutare a fondo ogni singolo allievo.

## **2. Un bilancio sulle esperienze del Tirocinio e del Laboratorio didattico**

Tenendo conto di quanto è emerso attraverso la nostra indagine e di alcuni significativi contributi che sono stati prodotti in questi anni (5,6,7,8,9,10), cerchiamo ora di allargare la riflessione e di tracciare un bilancio complessivo su ciò che ha rappresentato e rappresenta il Tirocinio e il Laboratorio didattico per la prima formazione dei docenti in ambito scientifico nelle attuali SSIS.

Il tirocinio è forse l’area più apprezzata dagli allievi SSIS, è generalmente organizzato secondo procedure esplicite e trasparenti e ha come limiti più comuni la difficoltà di coordinamento con altre Aree e la instabilità dei rapporti con le scuole e i tutor d’aula; due difetti strutturali attribuibili, rispettivamente, alla scarsa conoscenza che i docenti universitari hanno dell’insegnamento secondario e al mancato riconoscimento normativo della figura di tutor. Riserve sono state avanzate da alcuni specializzandi della classe A059 sulla qualità del lavoro didattico dei rispettivi tutor.

Oltre a quanto sopra sintetizzato dall’indagine condotta, è doveroso ricordare **che il tirocinio è un percorso personalizzato** non solamente perché tiene conto della individualità, della storia e della formazione culturale dell’allievo, ma anche e soprattutto perché sono riconosciuti dei crediti di tirocinio agli specializzandi che svolgono attività di supplenza o sono docenti di ruolo in altri ordini di scuola o in altre classi di concorso.

Ogni allievo, poi, è molto seguito dal proprio supervisore con il quale ha, nell’arco del biennio, almeno una decina di colloqui, conversazioni telefoniche e scambi di e-mail.

Una riflessione sull’esperienza delle SSIS nel suo complesso non può prescindere da un sommario richiamo alla situazione della scuola italiana negli ultimi cinque anni.

**L’autonomia scolastica** (Legge 59, 15/3/97 e DPR 8/3/99), che pure offre ampie prospettive di innovazione nella scuola, trova difficoltà a far decollare un effettivo cambiamento nella organizzazione e nella didattica delle scuole in assenza di una vera riforma della scuola e di adeguati finanziamenti. D’altra parte la **riforma dei cicli** (L.30, 10/2/2000) Berlinguer- De Mauro non è riuscita ad arrivare a compimento per le note vicende politiche, eppure in essa **erano presenti tutti gli ingredienti per effettivo cambiamento di tutto il sistema formativo italiano, coinvolto nella sua interezza per la prima volta dai tempi della riforma Gentile.**

In questi ultimi quattro anni, con l’azzeramento di quanto discusso e messo a punto in precedenza, si è ricominciato tutto da capo affidando l’intero lavoro alla cosiddetta “commissione Bertagna”, ma ben poco di quanto lì si svolgeva è trapelato e non sono state chiarite nemmeno le responsabilità della messa a punto degli Obiettivi Specifici di Apprendimento (OSA) delle diverse (troppe!) discipline. Abbiamo assistito così alla sostanziale partenza “a freddo” della riforma Moratti nella scuola primaria e nel primo anno della scuola secondaria di I grado. Non solo, ma gli OSA che emergono dalle “Indicazioni nazionali...” (11) spesso sono improponibili per il livello scolare a cui si rivolgono (12) e a tutt’oggi, mentre il ministro annuncia l’avvio della riforma nella scuola secondaria superiore, circolano molte ipotesi sulla struttura generale e sui Licei in particolare, ma non sono per niente chiari i cardini del nuovo ordinamento.

Tutto ciò mentre i tagli degli organici hanno assunto i connotati di un sostanziale blocco del turn-over degli insegnanti, con il conseguente invecchiamento del corpo docente più oberato di lavoro e meno incline allo slancio dell’innovazione, anche perché la penuria di mezzi e risorse mette a dura prova la più estrosa delle fantasie e la più determinata disponibilità al cambiamento.

Gli allievi della SSIS hanno risentito di questa situazione e spesso hanno vissuto lo scarto tra le proposte pedagogico-didattiche avanzate a lezione e la realtà concreta delle loro esperienze di Tirocinio fatte di classi troppo numerose, di cattedre “piene”, di laboratori sperimentali assenti nella quasi totalità delle scuole medie inferiori, di mancanza di personale tecnico che limita le attività laboratoriali anche laddove le strutture ci sono, di scarse risorse economiche per premiare i docenti che si aggiornano e investono nella loro professionalità.

In qualche caso i nostri specializzandi segnalano difficoltà, anche psicologiche, dei loro tutor non adeguatamente sostenuti a far fronte, ad esempio, all’ingresso massiccio di ragazzi stranieri con tutte le problematiche di conflitto sociale, di costume, di religione e di visione del mondo che ciò comporta, oppure alla presenza di allievi diversamente abili senza un’adeguata presenza di insegnanti di sostegno.

Diversi insegnanti, poi, sono portati a rifiutare il ruolo di tutor perché lo vivono come un ulteriore aggravamento del carico di lavoro, perché operano in situazioni talvolta deteriorate e non se la sentono di dividerle con un futuro collega e anche perché, specialmente in alcune scuole secondarie superiori, non sono disposti ad accettare la presenza in classe di un altro docente.

Si realizza, così, una sorta di autoselezione positiva perché chi dà la disponibilità a collaborare con la SSIS è, sempre più spesso, un insegnante che ha avuto esperienze di formazione/aggiornamento importanti nella propria carriera, frequentemente è iscritto alle Associazioni scientifiche professionali (DD/SCI, ANISN, AIF), ricopre ruoli impegnativi sia sul piano didattico, sia sul piano organizzativo, nella propria scuola ed è aperto alla ricerca e all’innovazione.

Nonostante i molti problemi, il rapporto tra specializzando, supervisore e tutor è stato nella maggior parte dei casi sereno e collaborativo e ha consentito di osservare e trarre profitto anche dai contesti più ostici. Come abbiamo visto, il tirocinio è risultata l’Area più gradita di tutto il corso di specializzazione e non raramente il tutor è rimasto una figura di riferimento, anche dopo il completamento della SSIS, quando il giovane abilitato ha affrontato le prime esperienze d’insegnamento.

I tutor non sono proposti come modelli da imitare ma come esempi di professionalità esperta che agiscono in specifici contesti socio-culturali e a seguito di scelte condivise all’interno della loro istituzione scolastica. Dalle proposte della SSIS,

dalla propria esperienza personale e talvolta professionale, dagli esempi dei tutor l'allievo costruisce la propria autonoma e personale identità di docente, il proprio stile d'insegnamento.

Per questi motivi in alcune SSIS, come quelle della Toscana, del Friuli Venezia Giulia e del Piemonte, si cerca di offrire allo stesso allievo, nel corso del biennio, tirocini molto differenziati per tipo di curriculum, per condizioni socio-economiche, per stili diversi di esprimere la docenza.

Questi aspetti positivi non possono, tuttavia, mettere in ombra le reali e sempre più diffuse difficoltà di reclutamento dei tutor per far fronte alle nuove esigenze della SSIS che costituisce ormai l'unico canale per conseguire l'abilitazione all'insegnamento (ad essa si rivolgono anche i docenti di ruolo sul sostegno o su altra classe di concorso). In particolare restano da affrontare due questioni delicate: quella del riconoscimento della funzione di tutor come titolo e quella del riconoscimento di un incremento stipendiale sul piano economico.

Concludendo queste riflessioni sul tirocinio, è possibile dare un giudizio relativamente obiettivo e non referenziale del lavoro dei Supervisor? La risposta è affermativa perché sono stati fatti monitoraggi, indagini e analisi di vario tipo (a,b): qui intendiamo concentrare l'attenzione su tre iniziative della SSIS Toscana alla quale appartengono gli autori.

La prima è **Il rapporto della valutazione della didattica** da parte degli allievi del II anno basato su un questionario predisposto dal Gruppo di valutazione interna della SSIS toscana. Da esso emerge che il tirocinio è senza dubbio l'area che riscuote maggior consenso e che gli allievi apprezzano in modo particolare la disponibilità dei Supervisor nei loro confronti.

La seconda consiste nel fatto che la SSIS Toscana ha collaborato anche ad **un progetto di ricerca-azione dell'IRRE Toscana** "Continuità e discontinuità nella formazione dei docenti" per la parte che riguarda la formazione iniziale. L'indagine si è basata sulla somministrazione di questionari a docenti abilitati alla SSIS con almeno quattro mesi di servizio presso una scuola secondaria, a docenti di ruolo e ai dirigenti scolastici delle stesse scuole. Anche in questo caso emerge un giudizio positivo quasi plebiscitario degli abilitati per l'attività di tirocinio come momento formativo essenziale per acquisire una professionalità docente non meramente teorica e disciplinare.

I presidi, dal canto loro, rilevano che l'imprinting della SSIS è tanto forte da far spiccare i propri abilitati come insegnanti dotati nella maggior parte dei casi di solide competenze metodologico-didattiche, relazionali e disponibili all'innovazione e alla sperimentazione didattica.

La SSIS Toscana si è sottoposta, infine, ad **esame di valutazione esterna nell'ambito del progetto di qualità CampusOne adottato dal CRUI**. In particolare, per quanto concerne il tirocinio, citiamo dal Rapporto sui risultati della valutazione (a), che è presentato come un elenco di quesiti con le relative risposte:

<b>DIMENSIONE D: PROCESSO FORMATIVO</b>
.....
D3.3 Il CdS (leggi Corso di Studi) (o la struttura di appartenenza) organizza e gestisce attività di tirocinio? (Requisito obbligatorio CampusOne)
OSSERVAZIONI SULLA RISPOSTA ALLA DOMANDA: La risposta è molto dettagliata e completa.
PUNTI DI FORZA: Il tirocinio è un processo ben strutturato e gestito in modo soddisfacente per le esigenze della SSIS.
AREA DA MIGLIORARE : Rendere stabili e strutturati i canali di attivazione di tirocini con le scuole e con i relativi tutor

Il tirocinio è, quindi, uno dei punti di forza della formazione iniziale degli insegnanti e i Supervisor sono "esperti" perfettamente in grado di progettare, organizzare e gestire tutte le fasi con la flessibilità e la capacità di mediazione tipica della professionalità docente esperta.

Per quanto riguarda il Laboratorio di didattica abbiamo visto che esso emerge come seconda Area per gradimento degli allievi delle diverse SSIS dell'indagine. Anche per questo ambito appare però opportuno sviluppare altre considerazioni per tentarne un bilancio complessivo.

Come è stato più volte rilevato in questi anni ( ad esempio 13, 14), solo in alcune Università si sono create competenze di didattica disciplinare sorrette da studi e ricerche didattiche: con riferimento all'Indirizzo Scienze, sono poche le Università in cui si annoverano competenze in questo campo (ad esempio Pisa, Cagliari, Torino, Modena, Genova, Venezia, Roma, ...). Dove queste competenze sono presenti, le lezioni dell'Area 2 sono state in genere delle reali lezioni di Didattica delle discipline e il Laboratorio didattico è stato sviluppato essenzialmente da docenti universitari. Tuttavia, dove questo è accaduto, le concezioni del Laboratorio sono state assai diverse: "le attività dell'Area 3 sono spesso concepite, in particolare nelle discipline scientifiche, come un'appendice di quelle di Didattica disciplinare (Area 2), ovvero come momento puramente esercitativo-applicativo della parte teorica precedentemente sviluppata" (15).

Laddove queste competenze didattiche dei docenti universitari non hanno trovato il modo di formarsi si sono tenute lezioni nell'Area 2 senza alcun reale nesso con la didattica delle discipline e col loro spaccato storico-epistemologico: sono rimaste sul piano di una comune lezione universitaria. Se questo limite è emerso chiaro ai responsabili universitari degli Indirizzi e si è mostrato sensibilità ai problemi della competenza didattica, allora si è data fiducia a docenti esperti delle scuole secondarie superiori e inferiori (per la maggior parte Supervisor) affidando loro corsi a contratto di Laboratorio di didattica e/o pacchetti di lezioni di Didattica delle discipline.

Da quanto è risultato ormai da anni, in questo secondo caso c'è stato un chiaro riconoscimento da parte degli allievi della SSIS. Ad esempio, una specializzanda del IV ciclo della SSIS Toscana, sede di Firenze (16) sostiene:

*"Uno dei momenti della formazione teorica e pratica più significativi, escludendo l'esperienza di tirocinio, a mio avviso, è senz'altro rappresentato dall'Area 3, il Laboratorio di didattica. ...Le lezioni di Laboratorio di didattica sono state l'anello di congiunzione tra le Scienze e le discipline dell'Area trasversale (Area1). Inoltre, tenute da docenti della*

*scuola secondaria superiore sono state maggiormente efficaci proprio perché portate avanti oltre che dalla conoscenza e competenza in materia anche dalla esperienza didattica diretta.. In proposito credo che l'idea di affidare la formazione degli insegnanti esclusivamente a docenti universitari sia un grave errore: si corre il rischio ancora una volta di ultraspecializzare, introdurre nozioni e teorie da un lato in maniera sterile, dall'altro non spendibili didatticamente".*  
Visto il quadro generale della situazione attuale almeno nei suoi tratti essenziali è ora opportuno chiedersi: cosa ci aspetta con la riforma dell'Università?

### 3. *Alla vigilia di profondi cambiamenti nella prima formazione dei docenti.*

Da qualche tempo circolano bozze del decreto delegato ex art.5, Legge 53/2003 relative alla formazione dei docenti prevista dalla legge di riforma universitaria. Qui ci riferiamo ad una recente che, molto probabilmente, potrà subire modifiche anche significative (e dovrà essere approvata in tempi brevi per rispettare l'iter previsto dalla delega), ma l'architettura generale del documento, possiamo star certi, difficilmente cambierà perché è figlia fedele della legge-quadro di riforma: siamo dunque alla vigilia di profondi cambiamenti nella formazione iniziale dei docenti.

Nel tentativo di coglierne il significato, esaminiamo un po' in dettaglio quanto prevede questa bozza di decreto:

-all' art.1, comma 1 si afferma "...tale formazione si consegue con corsi di laurea specialistica rivolti all'acquisizione di competenze disciplinari, pedagogiche, didattiche, organizzative, relazionali e comunicative, riflessive sulle pratiche didattiche che caratterizzano il profilo culturale e professionale dei docenti.."

-all' art.1, comma 3 si precisa "...la laurea specialistica ...abilita all'insegnamento...attraverso il superamento di un Esame di Stato";

-all' art. 2 si dice che "E' prevista l'istituzione e l'organizzazione di una struttura (di Ateneo o Interateneo) denominata "Centro di servizio per la formazione degli insegnanti" con i seguenti compiti:

.....c) organizzare in maniera unitaria e integrata alle lezioni teoriche i laboratori professionali, i tirocini [?] e le esercitazioni [?] ad essi connesse"

.....e) organizzare apposite attività didattiche teorico-pratiche **anche** in collaborazione, ...e sulla base di apposite convenzioni con....., Associazioni professionali..."

Il tirocinio didattico si compie **dopo la Laurea specialistica** e

-l'art.3, comma 1 recita: "...i laureati abilitati all'insegnamento[prima di vedere come lavorano sul campo!!!]...svolgono attività di tirocinio, con valore di praticantato, con assunzione di responsabilità di insegnamento sotto la supervisione di un tutor designato dall'istituzione interessata [senza alcun titolo accertato in precedenza!!] con appositi contratti di formazione-lavoro con le istituzioni o scuole interessate..."

Come si vede, **siamo dinanzi ad un tipo di formazione dei docenti molto diverso da quello che si realizza nelle SSIS attuali**. Non solo, ma questi cambiamenti paradigmatici dell'organizzazione della prima formazione dei docenti non fanno seguito a nessuna indagine, a nessuna analisi sistematica e critica relativa alle esperienze più che quinquennali delle attuali SSIS. E' evidente ancora la caratteristica tutta italiana di procedere ad un cambiamento di processi importanti senza aver indagato prima sistematicamente, seriamente l'andamento dei processi precedenti.

Qual è allora la ragione della loro cancellazione? Su quale base si delinea un futuro diverso senza sapere se sarà o no in grado di rispondere davvero ad una compiuta e significativa formazione dei docenti? A quali "difficoltà" o errori non indagati dovrà rimediare? Si tratta di un ..passo "avanti"(?) nel buio!!

### 4. *Considerazioni conclusive*

Da quanto è dato di conoscere allo stato attuale si può dire che il tirocinio, l'esperienza più che positiva maturata in questi anni dai Supervisor, non potrà essere "recuperata" che in modo molto parziale nell'ambito della riforma universitaria relativa alla formazione dei docenti. Il tirocinio a carattere formativo e di orientamento è, infatti, contemplato per qualsiasi Corso di laurea dal decreto del Ministero del lavoro 25 marzo 1998, n. 142 ed è un **requisito obbligatorio per la certificazione di qualità del corso stesso ma non è assolutamente prevista la figura del supervisore**. E, d'altra parte, tali attività assomiglierebbero molto di più a stage formativi che non all'attuale Area 4 delle SSIS, oltre a essere notevolmente ridimensionati in termini quantitativi e limitati alla sola fase osservativo-riflessiva. Quindi, a parte lo spiraglio che i supervisor siano impiegati come tutor a discrezione del Dirigente scolastico nelle scuole di provenienza, l'unica altra limitata possibilità è proprio quella di essere utilizzati nei corsi di laurea specialistici specificatamente dedicati alla preparazione degli insegnanti; si profilerebbe, in ogni caso, una situazione profondamente variegata e disomogenea nelle varie sedi universitarie considerata l'autonomia degli atenei.

Concludiamo ponendo alcune domande:

1) secondo l'art. 1 della bozza di decreto delegato in oggetto l'abilitazione all'insegnamento si consegue dopo aver frequentato i corsi della Laurea specialistica, senza aver mai messo piede in una scuola in condizione "attiva" ( come avviene nelle fasi collaborativa e di tirocinio attivo vero e proprio): cioè si conferisce una abilitazione all'insegnamento per un certo livello scolare su un piano puramente teorico, senza aver controllato e valutato sul campo l'effettiva professionalità raggiunta. Nella sostanza, **una situazione molto simile a quella precedente l'istituzione delle SSIS**: non è questo un esempio di ritorno al passato che doveva essere evitato, visto i cattivi frutti dati nei tempi trascorsi?

2) Secondo l'art. 3, se il tirocinio si compie dopo la laurea come "praticantato" presso le scuole "...sotto la supervisione di un tutor designato dall'istituzione interessata..." è chiaro **che è soppresso il ruolo dell'attuale Supervisore al tirocinio ( selezionato per concorso...)** e si passa all'assegnazione di un incarico di tutor sulla base della "fiducia" del Dirigente scolastico, con tutte le implicazioni che un tale generico affidamento può determinare, ma certo senza una valutazione oggettiva delle capacità e competenze del designato a svolgere un ruolo così delicato e complesso.

Ad aumentare le nostre perplessità su questo praticantato / tirocinio è che negli attuali Comitati di valutazione, rinnovati

annualmente dai Collegi docenti, ai quali rimanda la norma, solo il tutor appartiene alla stessa classe di concorso del candidato: quindi c'è una questione di selezione di questi "valutatori" anche sul piano delle competenze disciplinari.

Non solo, ma sopprimendo il Supervisore si verrà a *recidere l'unico link giuridico che pone oggi sullo stesso piano nella prima formazione dei docenti l'Università e la Scuola*: l'Università si potrà valere, se vorrà, di docenti della scuola (come previsto dall'art. 2 con l'istituzione del "Centro di servizio per la formazione degli insegnanti"), ma in collocazione ben diversa da quella attuale. L'indicazione della Legge n.143/2004 che, all'art.3-quater recita: "In sede di adozione dei decreti di attuazione dell'articolo 5 della legge 28 marzo 2003, n. 53, si tiene conto della professionalità e delle competenze già acquisite dal personale che ha svolto funzioni di supervisore di tirocinio" non ha, infatti, alcun carattere di prescrittività e sarà interpretata in modo molto differente da ateneo ad ateneo.

Non è pure questo un ritorno al passato? E' esperienza personale di uno degli autori lo svolgimento della funzione di "Tutor" per alcuni colleghi durante il loro anno di straordinario del ruolo: cosa chiedeva il Preside? "Faccia lei, basta che mi consegni alla fine dell'anno una breve relazione..." nessuna indicazione sul cosa fare, nessun accertamento di effettive competenze a svolgere un compito... veniva rimandato tutto alla responsabilità del sottoscritto.

3) Secondo l'art.2 al punto c) si parla di organizzazione dei "laboratori professionali" dei tirocini (?) e delle "esercitazioni ad esse connesse". A parte la poca chiarezza nel rinominare qui i tirocini e benché non si faccia esplicito riferimento al possibile conferimento di incarichi a contratto a docenti di scuola secondaria, è possibile ipotizzare comunque che questo ambito potrebbe, volendo, essere conferito a docenti della scuola? Probabilmente solo in poche università.

E ancora l'art. 2 al punto e) si prevede l'organizzazione di apposite attività didattiche teorico-pratiche da svolgere, tra l'altro, *in collaborazione, con apposite convenzioni, con le Associazioni professionali*. E' possibile ipotizzare che personale docente della scuola "esperto" di formazione in servizio (documentabile!), parte attiva di Associazioni professionali disciplinari, soggetti qualificati e accreditati per la formazione del personale della scuola dal MIUR con appositi decreti, possa essere chiamato a svolgere incarichi nell'ambito della didattica dei vari insegnamenti o dei rispettivi laboratori? Anche qui, probabilmente solo in alcuni atenei.

Infine, si potrà almeno recuperare, nelle sedi in cui il personale della scuola ha potuto in questi anni manifestare il proprio contributo essenziale nella Didattica delle discipline e nei relativi Laboratori, un proprio ruolo e una funzione non secondaria ma paritaria a quella disciplinare nella prima formazione degli insegnanti?

Un ringraziamento particolare a Luciana Campanaro (SSIS Piemonte, sede Torino), Simona Monesi (SSIS Marche, sede Ancona), Meri Murgia (SSIS Toscana, sede Siena), Patrizia Dall'Antonia (SSIS Friuli, sede Trieste), Eugenio Torracca (SSIS Lazio, sede Roma), Maria Vittoria Massidda (SSIS Sardegna, sede Cagliari), Vittoria Stagni (SSIS Emilia Romagna, sede Bologna), Domenica Marino, Rosaria Marino, Laura Poma e Stella Bertuglia (SSIS Sicilia, sede Palermo), Rosa Roberto (SSIS Puglia, sede Bari) che, dedicandoci la loro attenzione, ci hanno consentito la redazione dell'articolo.

## Bibliografia

- 1) F. N., Relazione finale di Tirocinio e Area 3, SSIS Toscana sede di Pisa
- 2) E.G., Relazione finale di Tirocinio e Laboratorio di didattica, SSIS Toscana sede di Firenze
- 3) F.Olmi, S.Gavazzi, Il laboratorio di didattica e...la Didattica del laboratorio- L'esperienza dell'Indirizzo Scienze Naturali nella sede di Firenze della SSIS Toscana- *CnS-La Chimica nella scuola-XXIII*,n.4 (2001), p.128-134
- 4) F.Olmi, Il progetto del Laboratorio di didattica - in S.Ulivieri, G.Giudizi, S.Gavazzi (a cura di) Dal banco alla cattedra, ETS Ed. Pisa, 2002, p. 257-259
- 5) G.Bonetta, G.Luzzatto, M.Michelini, M.T.Pieri (a cura di), Università e formazione degli insegnanti: non si parte da zero, Forum Ed., Udine, 2002
- 6) M. Bagliani, E.Comino, Laboratorio didattico interdisciplinare: energia e materia nei viventi - Parte I - *Università e Scuola* 1/R, 2001, p.71; parte II - *Università e Scuola* 2/R, 2001, p.64
- 7) M. Vicentini, L.Danusso, V.Mangani, Laboratorio di sviluppo curricolare per la fisica: un'esperienza didattica per un modulo di Area 3- *Università e Scuola*, 2/R, 2001, p.2
- 8) L. Genovese, Il monitoraggio del tirocinio nella SSIS abruzzese: un bilancio dei primi 3 anni - *Università e Scuola*, 1/R, 2003, p.20
- 9) G. Michelon, M.T.Pieri (a cura di) - Tirocinio e dintorni: la prospettiva degli insegnanti supervisori- *Università e Scuola*, 2/R, 2000, p.3
- 10) L. Curti - Dove va la formazione degli insegnanti di scuola secondaria- *Didatticamente*, n.1-2, 2003, p.15
- 11) MIUR - Indicazioni nazionali per i Piani di Studio Personalizzati nella scuola primaria- Idem per la Scuola secondaria di I grado, 2003
- 12) Forum delle Associazioni disciplinari della scuola- Indicazioni nazionali e profili educativi: pareri e commenti delle Associazioni disciplinari, Bo, 2003
- 13) P. Mironi- Le scuole di specializzazione per insegnanti: una sfida per l'Università - *CnS-La Chimica nella scuola- XXI*, n.4, 1999, p.105
- 14) R. Cervellati, I rapporti tra la didattica della chimica, le altre didattiche disciplinari e la didattica generale- *CnS-La Chimica nella scuola- XXII*, n.3, 2000, p.75
- 15) idem 4), p. 257
- 16) M.D.R., Relazione finale di Tirocinio e Laboratorio di didattica, SSIS Toscana, sede di Firenze, p.8

## Siti internet consultati

- a. Risultati della valutazione esterna  
<http://www-ssistoscana.dm.unipi.it/documenti/relazionevalut.didattica2002-03.PDF>
- b. Rapporto di autovalutazione -2004  
<http://www-ssistoscana.dm.unipi.it/documenti/rav2004nuovaversione.pdf>

### Altri siti:

- c. [www.ssiscagliari.it](http://www.ssiscagliari.it)
- d. [www.ssis.unige.it](http://www.ssis.unige.it)
- e. <http://www-amm.univ.trieste.it/specializzazione>
- f. [http://www3.uniibo.it/infostud-continua//Scuole\\_Secondario/default.htm](http://www3.uniibo.it/infostud-continua//Scuole_Secondario/default.htm)
- g. <http://w3.uniroma1.it/carfid/ssis.htm>
- h. <http://www.unimc.it/ssis/index.htm>
- i. <http://www.unipa.it/~sis/>
- j. <http://sis.polito.it/>

# STORIA DELLA SCIENZA ED EPISTEMOLOGIA NELLA SISS PIEMONTESE UN'ESPERIENZA INCOMPIUTA

**Luigi Cerruti, Francesca Turco**

*Dipartimento di Chimica Generale e Organica Applicata - Università di Torino*  
*luigi.cerruti@unito.it - francesca.turco@unito.it*

Nelle Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento nella Scuola Secondaria (SISS) l'esperienza di insegnamento/apprendimento di discipline 'trasversali' come la storia e l'epistemologia delle scienze non è stata né facile né lineare. Per di più, proprio dal punto di vista dell'insegnamento/apprendimento ci pare che con l'anno accademico 2003-2004 si sia chiuso un ciclo e che con il corrente anno accademico se ne sia aperto un altro. Torneremo su questa sensazione di nuova apertura nelle conclusioni, dopo che avremo cercato di descrivere i tratti principali dell'esperienza torinese, con qualche riferimento ad alcune altre sedi.

## **L'esperienza piemontese**

Come nel resto d'Italia la SISS piemontese si è inaugurata nell'autunno del 1999, dopo più di un anno di intenso lavoro preparatorio. Quanto fossimo in realtà impreparati risulta dall'enorme divario fra l'atteso assalto di candidati all'esame di ammissione e il modesto numero di richieste, appena sufficiente a rendere non del tutto formali le procedure di selezione dei futuri allievi. Tuttavia l'impreparazione alla situazione didattica, di fatto, non si ripercosse immediatamente e direttamente sull'esperienza educativa, che da parte del primo insegnante coinvolto (LC) era stata delineata attraverso un dibattito serrato con vari docenti, di vario prestigio, della Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università di Torino. Ovviamente tutta questa 'preparazione' si concentrava su una sola polarità, quella dell'*insegnamento*. Al polo opposto, l'*apprendimento*, si doveva accertare sul campo cosa sarebbe avvenuto, e come si sarebbe dovuta adeguare la pratica didattica.

## **Storia ed epistemologia della scienza: una prima proposta**

Nella sede torinese il corso di Storia ed epistemologia della scienza era ed è costituito da due moduli di 25 ore ciascuno, ridotte per imperscrutabile volere burocratico a 20 ore effettive ciascuno. Il primo modulo è stato costantemente tenuto da uno di noi (LC), mentre il secondo modulo, di carattere più spiccatamente epistemologico, è stato condiviso con altri due docenti, diversi di anno in anno.<sup>1</sup>

Dato che non si può 'fare storia' senza sapere ciò che si fa, sono state ritenute necessarie nozioni di storiografia, con particolare riferimento alla storia della scienza (fonti; evento vs. processo e periodizzazione; rapporto fra epistemologia e storia della scienza; la spiegazione in storia). Il primo anno queste nozioni sono state discusse in modo formale; la noia – per gli allievi – è stata tale che a partire dal secondo anno si è preferito ripiegare su una maggiore frammentazione e disseminazione nel contesto delle singole lezioni. Durante la presentazione dei singoli temi storiografici sono state discusse in modo comparativo le principali procedure conoscitive delle discipline scientifiche (demarcazione e stabilità del sapere disciplinare; teorie e criteri d'uso; modi di osservazione e pratiche sperimentali). In limiti cronologici approssimati i temi trattati sono stati i seguenti:

- (a) Per la fisica: la nascita della fisica atomica (1890-1911). Il racconto iniziava con la scoperta della radioattività e terminava con il modello di atomo nucleare di Rutherford.
- (b) Per la chimica: la chimica macromolecolare (1920-1960). La narrazione era divisa in due parti. La prima confrontava le diverse culture dei due fondatori, Staudinger e Carothers; la seconda faceva un analogo confronto fra Ziegler e Natta.
- (c) Per la biologia: la genetica classica fino alla proposta del modello di DNA (1900-1960). Episodi cruciali: la genetica della *Drosophila*; gli esperimenti con la *Neurospora crassa* e la teoria un gene-un enzima; l'ambigua impresa di Watson e Crick.
- (d) Per le scienze della terra: la deriva dei continenti e la tettonica a placche (1920-1970). Ordito del racconto sono stati gli elementi spazio-temporali dell'epistemologia dei geologi; la trama del racconto è risultata dalle difficoltà di accettazione della teoria di Wegener.

La verifica su quanto gli studenti avessero acquisito ed elaborato è stata fatta nei cinque anni con l'assegnazione di tesine su temi di storia ed epistemologia, con particolare riguardo al Novecento (vincolo questo rimosso già nell'anno accademico 2003-2004). Sull'effettiva consistenza di queste tesine torneremo tra breve. Per ora ci soffermiamo a sottolineare qualche differenza con quanto riferito da alcuni colleghi a proposito del gradimento delle lezioni di storia ed epistemologia. Diversi docenti di altre sedi ci hanno riferito una risposta positiva, addirittura molto positiva, da parte degli allievi. A Torino, negli anni passati, l'accoglienza da parte degli allievi è risultata direttamente proporzionale al livello di 'narratività' degli argomenti proposti. Lezioni di storia sono state generalmente ben accolte. Di storiografia già meno. Di epistemologia hanno prodotto "discenti stralunati".

<sup>1</sup> Questi docenti hanno portato contributi sulla storia delle scienze della terra, sull'epistemologia della biologia e su temi specifici (le donne nella scienza, scienza e guerra). Nessuno di questi docenti ha partecipato alle procedure finali di verifica.

## Il Laboratorio ipertestuale di storia ed epistemologia della scienza

Per tre anni accademici nella SISS piemontese si è tenuto anche un Laboratorio ipertestuale di storia ed epistemologia della scienza. Collocato al secondo anno di corso, forniva agli studenti le conoscenze minime indispensabili per costruire ipertesti da mettere in rete, su temi di storia delle scienze sperimentali.<sup>2</sup> Acquisiti i rudimenti dell'uso di un *editor* del linguaggio HTML gli allievi si lanciavano in rete alla ricerca di informazioni sul tema storico loro assegnato. Una sorpresa non indifferente fu la palese incapacità di destreggiarsi in Rete di molti allievi. Questo fatto, abbastanza inaspettato, portò una di noi (FT) ad interessarsi più a fondo dell'uso di Internet dal punto di vista che qui ci interessa: il reperimento di informazioni e la loro collocazione in diversi contesti.

Il primo anno il Laboratorio ebbe un vero successo, seguito però da un certo declino il secondo anno e da un vero deperimento il terzo. Ora, nel corrente anno accademico, il Laboratorio non sarà attivato per mancanza del titolare.<sup>3</sup>

### Declino ed esaurimento di un programma

È esperienza comune di ogni insegnante che ogni classe assume una specie di personalità collettiva che condiziona fortemente i meccanismi del processo di insegnamento/apprendimento. Negli anni questa 'personalità collettiva' è molto cambiata, per due motivi di ordine diverso. Innanzi tutto la partecipazione al corso ha interessato un numero crescente di classi di concorso, passando da due (A060 e A013), a cinque (A060, A013, A035, A042, A058)<sup>4</sup>; questa grande differenziazione degli allievi ha posto qualche problema (si veda oltre). Un secondo aspetto critico è stato che l'interesse per ciò che era insegnato, la partecipazione attiva alla lezione, lo spirito critico sono andati scemando. Sono rimaste le eccezioni, ma la forte motivazione iniziale sembra ora scomparsa, sostituita da un sospirato "Ma cosa ci sto a fare qui?".

Va però notato che ad un certo disinteresse (a macchia di leopardo)<sup>5</sup> per le lezioni seguiva un notevole impegno nella preparazione delle tesine. Questi elaborati erano consegnati su supporto elettronico (quasi sempre via *e-mail*), corretti dal docente, e riassestati dagli allievi che all'esame orale dovevano soltanto essere in grado di discutere il contenuto della tesina. Anche nell'anno accademico 2003-2004, il peggiore dal punto di vista dell'interazione docente/allievi, la media delle tesine è stata buona con punte di vera eccellenza.<sup>6</sup> Da questa contraddizione emergono due conclusioni complementari. Da una parte l'aspetto fiscale della scuola aveva finalmente risvegliato molti allievi dalla sonnolenza in aula. Dall'altra parte era evidente che gli allievi si erano immersi con piacere nell'esplorazione dei temi disciplinari da loro stessi scelti, lasciando alle spalle senza alcun rimpianto la multidisciplinarietà del corso frontale.

Nella SISS piemontese si è preso atto dell'esaurimento del progetto messo a punto nel 1999, e condotto fino all'anno accademico 2003-2004 con qualche aggiustamento minore. Si è quindi deciso di introdurre dei cambiamenti radicali che hanno avuto un buon successo, e che discuteremo più oltre.

### Difficoltà assortite

Sono state molte le difficoltà incontrate nel cercare di realizzare il faticoso binomio insegnamento/apprendimento, ma prima di analizzarle in dettaglio è indispensabile ricordare che una parte rilevante di queste difficoltà nacquero e si perpetuarono in seguito ad una scommessa politica fatta sulla pelle degli studenti e dei docenti delle SISS. Il Governo di allora e i suoi successori pretesero che si potesse costruire un nuovo canale di formazione *a costo zero*. La legge istitutiva delle SISS parlava di borse di studio per gli studenti, che – al contrario – si trovarono a pagare tasse non indifferenti. In queste condizioni non si poté esigere il tempo pieno per gli studenti, non si poté retribuire adeguatamente i docenti, e tanto meno si ebbero strutture *ad hoc* (aule, biblioteche, siti per comunità virtuali, ecc.). Si potrebbe dire con buona pace delle nostre intenzioni iniziali che la SISS piemontese è vissuta di carità.

Ancora una digressione a proposito delle tasse di iscrizione: da una serie di occasionali chiacchierate con allievi di diverse sedi italiane sono emerse due impressioni (sulla scuola in generale e non su un corso in particolare), quasi unanimi. La prima è che i corsi siano stati assimilati ad una sorta di master, dall'esito abbondantemente scontato. La seconda che i corsi siano stati assimilati a una sorta di tangente dall'utilità quasi nulla, non solo sul piano professionalizzante ma anche, banalmente, sul piano burocratico (chissà se poi serve per il punteggio nelle graduatorie). Non v'è dubbio che l'orizzonte ristretto che sottende questo punto di vista sia piuttosto sconcertante, ma resta il fatto che la sensazione generale è stata ed è quella di una – costosa – perdita di tempo.

### Conoscenza storica e conoscenza scientifica

Le difficoltà pratiche grandinate sulla SISS dal cielo della politica non devono nascondere altri seri ostacoli, specifici dell'insegnamento/apprendimento della storia delle scienze sperimentali. Sono state scritte opere memorabili sulla natura della conoscenza storica,<sup>7</sup> anzi si può dire che tutta la ricerca teorica in storiografia verta su questa questione, controversa

<sup>2</sup> Gli ipertesti hanno in generale ignorato gli aspetti epistemologici dei temi trattati, ancora più che nel caso delle tesine del corso di storia ed epistemologia. Anche su questo si veda oltre.

<sup>3</sup> Quattro quinti del Laboratorio erano gestiti da Erminio Mostacci, un docente della scuola secondaria i cui impegni professionali impediscono quest'anno la continuazione dell'insegnamento post-universitario.

<sup>4</sup> Ricordiamo a quali insegnamenti si riferiscono le sigle: A013, chimica e tecnologie chimiche; A035, elettrotecnica ed applicazioni; A042, informatica; A058, per brevità 'scienze agrarie'; A060, per brevità 'scienze naturali'.

<sup>5</sup> Cioè a seconda dell'argomento disciplinare trattato.

<sup>6</sup> Il termine 'eccellenza', consolatorio ed enfatico, è in questo caso riferito soltanto agli aspetti della narrazione storica vera e propria, in quanto l'analisi epistemologica è rimasta quasi sempre in ombra.

<sup>7</sup> Citiamo tre classici: E.H. Carr, *Sei lezioni sulla storia*, Torino, Einaudi, 1966; M. Bloch, *Apologia della storia o mestiere dello storico*, Torino, Einaudi, 1969; A.C. Danto, *Filosofia analitica della storia*, Bologna, Mulino, 1971. I primi due testi sono fondamentali per chi voglia vedere il 'fatto storico' con gli occhi dello storico; il terzo testo è un (in)utile esercizio filosofico sulla possibilità stessa della conoscenza storica.

quant'altre mai. Qui però non sono in discussione le garanzie che gli storici si danno nella pratica del loro mestiere, quanto piuttosto è indispensabile tener presente il diverso tipo di conoscenza con cui si ha a che fare. La storia è essenzialmente narrazione, e come in ogni racconto il gioco fra testo e contesto è intimo e fortissimo. Il contesto non è soltanto quello presente nel racconto, ma (purtroppo) quello dell'epoca a cui si riferisce il racconto. La storia di una 'scoperta' o la biografia di uno scienziato non sono mai completamente autonome perché nella loro narrazione richiedono l'uso di termini che rinviano alla situazione conoscitiva, sociale e politica del tempo. Se un allievo parla di 'geni' riferendosi al pensiero del 1895 di August Weismann (1834-1914) fa un errore; Weismann infatti non poteva neanche usare la parola corrispondente a 'gene', dato che il termine tedesco *Gen* fu proposto dal biologo danese Wilhelm Johannsen (1857-1927) nel 1909. Ma il caso appena citato è fin troppo sottile. Gli allievi della SISS piemontese si sono dimostrati spesso indifferenti alla cronologia: la batteriologia poteva essere nata nella prima metà dell'Ottocento o nella seconda – a scelta; analoga indifferenza è stata spesso esibita rispetto al controllo delle fonti: una notizia a stampa su un manuale era presa per buona per l'autorevolezza degli autori – senza tener conto che gli autori fossero (esempio) fisici teorici e non storici, e quindi privi di qualsiasi autorevolezza in campo storiografico.

Non vogliamo giungere a dire che la conoscenza storica richiede maggiore spirito critico della conoscenza scientifica, intendiamo soltanto sottolineare che gli studenti hanno spesso ignorato la critica storica ed epistemologica che letteralmente 'inzuppava' i fatti narrati a lezione.

### **Culture disciplinari e cultura scientifica**

Si è già detto della vocazione 'ecumenica', egualitaria e multidisciplinare che a suo tempo ha portato a formulare un programma di insegnamento centrato su temi cruciali delle scienze del Novecento. Ebbene, questa vocazione si è scontrata con una impermeabilità disciplinare, talvolta appena velata dall'educazione, e in casi particolari quasi esibita: perché io, biologo, devo sorbirmi i dettagli degli esperimenti di Rutherford? Perché io, geologo, devo stare a sentire cosa hanno fatto i biologi con dei moscerini allevati in barattoli di marmellata? Perché io, chimico, devo seguire le elucubrazioni dei geofisici contro la deriva dei continenti? Nell'anno accademico 2003-2004 una quindicina di informatici hanno dimostrato un quasi totale disinteresse rispetto alle scienze sperimentali, rianimandosi soltanto in occasione di due lezioni dedicate alla storia dei calcolatori e della programmazione. Alcuni dei colleghi interpellati hanno dichiarato di aver riscontrato segni di "rigidità disciplinare" analoghi, ma meno accentuati, altri – ma spesso la disomogeneità di provenienza degli studenti era molto minore - non hanno rilevato nulla del genere.

Su questo punto la nostra esperienza ha portato ad una chiara conclusione: pochi fra gli allievi accettavano una visione della loro disciplina come semplice componente di una più vasta cultura scientifica, e pochissimi pensavano che loro (i futuri insegnanti) sarebbero dovuti andare nelle scuole per favorire lo sviluppo della cultura scientifica piuttosto che per insegnare qualche nozione di chimica o di biologia. Da questa osservazione a quella successiva il passaggio è immediato.

### **Educazione vs. didattica**

Nel nostro contesto la distinzione fra educazione e didattica è ovvia. Le intenzioni educative riguardano le finalità generali dell'insegnamento impartito e della scuola a cui l'insegnamento appartiene. Insegniamo storia della scienza ed epistemologia perché le conoscenze acquisite possano essere rielaborate e rivissute dagli insegnanti per servire in altre scuole a formare cittadini critici del potere (qualsiasi potere), coscienti della loro forza di cittadini, aperti alla stupenda bellezza della natura, consapevoli dei limiti della conoscenza scientifica, ostili ad ogni dogmatismo, ecc. ecc. Come si potrebbe parlare di Marie Curie senza fornire un esempio di tutti questi valori? Su un piano più generale, nessun docente di discipline scientifiche può ignorare che il suo insegnamento trasmette valori oltre che fornire informazioni 'dure'. Il nostro è un mondo dominato con gli strumenti della scienza e della tecnologia. L'immagine della scienza e della tecnologia fornita dagli insegnanti è fondamentale affinché i futuri cittadini possano intravedere dietro l'egemonia della tecnologia il predominio del potere economico. Ovviamente i valori possono essere anche altri da quelli qui elencati, ma non c'è dubbio che un 'accento' particolare è sempre presente in qualsiasi discorso scientifico. Le proprie finalità educative devono o dovrebbero essere chiare, ed è da queste e dalle circostanze specifiche della situazione educativa che derivano le scelte didattiche concrete: i temi, la loro trattazione, le tecniche espositive, le modalità di interazione con gli studenti, il livello della loro autonomia, le forme di verifica.

È possibile che la distinzione fra educazione e didattica fosse pure ovvia per molti allievi della SISS piemontese, in ogni caso la preferenza di molti di loro era per i dettagli della didattica piuttosto che per le linee di ricerca dell'educazione. Non mettiamo qui in discussione la legittimità di una simile scelta, ne traiamo anzi la convinzione che negli anni scorsi si sono troppo trascurati i dettagli didattici a favore del quadro complessivo educativo.

### **Cambiamenti radicali**

Nel corrente anno accademico gli allievi della SISS piemontese si sono trovati di fronte ad un insegnamento di storia ed epistemologia della scienza completamente cambiato rispetto agli anni precedenti. Il secondo modulo è sdoppiato, e nel secondo modulo gli allievi della A035 e della A042 avranno a che fare con due matematici molto competenti negli aspetti 'duri' dell'informatica. Questo sdoppiamento porta a cinque il numero di docenti impegnati nei due moduli, e ha messo in luce sia il carattere monocratico del primo modulo, sia la necessità di inserire una forma di verifica autonoma per ciascun modulo.

Al momento in cui è scritta la presente nota non sono stati precisati i contenuti del secondo modulo (che sarà tenuto nella primavera 2005), mentre è stato svolto completamente il programma del primo modulo. Per sopperire alla sostanziale ignoranza epistemologica degli allievi sono stati condensati in due ore i lineamenti della ricerca epistemologica del Novecento; sono seguite le lezioni 'storiche', dedicate ad illustrare le linee di sviluppo delle scienze sperimentali dal Seicento alle

soglie del Novecento. La tecnica di esposizione si è basata su materiale tratto dalla Rete e presentato come un ricco brogliaccio di lavoro (in formato .doc), poi fornito via e-mail ai 35 allievi.

Durante il corso gli allievi hanno dovuto produrre diversi elaborati per convalidare la loro partecipazione attiva al corso stesso (apprendimento e rielaborazione dei contenuti).<sup>8</sup> Molta attenzione è stata dedicata alle istruzioni per il ‘montaggio’ di un materiale didattico di tipo storico-critico, e tuttavia adatto ad essere effettivamente portato nelle classi della scuola secondaria.

Si può dire che la risposta degli allievi alla ‘stretta’ fiscale sia stata piuttosto positiva, dato che il materiale prodotto si è dimostrato di buon livello. In un certo senso gli allievi si sono sentiti ‘accuditi’. Anche il livello di partecipazione alle lezioni di storia è stato notevolmente migliore che negli anni passati. È risultato evidente l’interesse per la narrazione delle vicende di figure esemplari, da Galileo a Newton, da Linneo a Pasteur. Ovviamente la grande estensione temporale è andata a scapito del maggiore approfondimento tematico degli anni precedenti, tuttavia in questo modo il fine di una ‘educazione’ storica multidisciplinare si è dimostrato più facilmente raggiungibile.

## Conclusioni

Riguardo ai molti problemi segnalati qui, non condivisi in blocco e in maniera così netta da nessuno dei colleghi docenti in altre sedi, è opportuno fare qualche precisazione. Innanzi tutto un confronto “scientifico” delle risposte degli allievi non era possibile, per l’esiguo numero di corsi di storia/epistemologia della scienza attivati sul territorio nazionale e perché le domande che abbiamo posto chiedevano di esprimere delle impressioni e non dei dati quantificabili. Inoltre i programmi svolti, così come le provenienze disciplinari degli studenti, erano ampiamente diffusi. Questo basterebbe a spiegare la distanza fra le percezioni nostre e quelle di altri. Resta però la validità delle nostre percezioni, tanto più che derivate da un’esperienza quinquennale. L’idea conclusiva che ci siamo fatta dal confronto con i colleghi - che qui ringraziamo<sup>9</sup> - è che la discrepanza derivi, nonostante tutte le altre possibili cause cui si è fatto cenno, dall’aver insistito negli anni scorsi particolarmente sugli aspetti storiografici ed epistemologici anziché sulla “semplice” storia. Se non è facile passare dall’insegnamento delle scienze sperimentali all’insegnamento della storia delle scienze, non è certamente più facile passare dall’apprendimento delle scienze all’apprendimento della storia delle scienze. Poi, se saliamo ancora un gradino sulla scala delle difficoltà, giungiamo al nodo principale della questione, nodo che solo nello scorso anno accademico è venuto chiaramente in luce: i futuri insegnanti non sembrano in grado di trasferire autonomamente nella loro didattica gli elementi storico-critici appresi alla SISS. La riformulazione del programma e l’ampliamento del numero dei docenti della SISS piemontese hanno cercato di sopperire, almeno in parte, a questa grave difficoltà.

Come si è detto all’inizio della nota ci pare che si sia chiuso un ciclo nella vita della SISS piemontese. È terminata, forse in ritardo, la fase pionieristica in cui allo spirito di sacrificio dei docenti, per nulla o mal pagati, faceva riscontro un vivo interesse degli allievi. Rimane - per ora - l’impegno disinteressato dei docenti, ma si deve prendere atto dell’atteggiamento più professionale di molti allievi, che sono alla SISS con l’obiettivo essenziale e ben preciso di conseguire una abilitazione. Mentre non è detto che questo atteggiamento vada di per sé a scapito di una più ampia motivazione culturale e civile, ci pare opportuno accentuare il carattere professionalizzante del nostro insegnamento, con ovvie ricadute sui criteri di valutazione agli esami.

---

<sup>8</sup> Un questionario di ingresso ha permesso di precisare gli interessi didattici degli allievi. Su questa base è stata assegnata *ad personam* una scheda di contestualizzazione (ad es. la cometa di Halley). Un secondo elaborato interessante è consistito in una breve relazione (10.000 caratteri, più immagini e bibliografia) su un tema a scelta dell’allievo.

<sup>9</sup> Hanno gentilmente risposto alle nostre domande: Gianni Michelon, titolare di un corso online nella sezione di Venezia; Giovanni Villani, che è riuscito a strappare una decina di ore da dedicare alla storia alla SSIS Toscana; Roberto Zingales, che ha svolto due ponderosi corsi a Palermo, per due diverse classi di concorso.

# DIDATTICA SCIENTIFICA A DISTANZA: È POSSIBILE? COME?

Gianni Michelon

Dipartimento di Chimica - SSIS del Veneto - Università Ca' Foscari Venezia

## 1. Premessa

Il Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca, di concerto con il Ministero per l'Innovazione e le Tecnologie hanno recentemente reso operativo il Decreto (17 aprile 2003, GU n.98 del 29 aprile 2003) "Criteri e procedure di accreditamento dei corsi di studio a distanza delle università statali e non statali e delle istituzioni universitarie abilitate a rilasciare titoli accademici...".

Detto Decreto cerca di definire in modo più articolato e finalizzato quanto era già stato accennato in molti articoli e commi di leggi e decreti precedenti, a partire, per esempio, dal *decreto n.382* (11/7/1980) sulla sperimentazione di nuove attività didattiche universitarie; alla *legge n.341* (19/9/1990) che consente alle università di avviare iniziative di istruzione universitaria a distanza; al decreto (28/10/1991) sul *piano di sviluppo 1991-93* delle università e in particolare sugli interventi per le innovazioni tecnologiche e per l'insegnamento a distanza; e ancora il decreto (30/12/1995) sul *piano di sviluppo 1994-96* delle università, recante misure per lo sviluppo dei consorzi per l'insegnamento universitario a distanza.

Ma esso fa riferimento anche a documenti e iniziative di commissioni e del Parlamento europei: *Piano di azione e-learning - Pensare all'istruzione di domani* (Commissione dell'UE, 24/5/2000; 28/3/2001); *Risoluzione del Consiglio dei Ministri istruzione dell'UE* (13/7/2001) che incoraggia gli Stati membri a sperimentare nuovi metodi e approcci di apprendimento e a promuovere la mobilità virtuale e progetti di campus transnazionali virtuali; *Programma e-learning*, proposta del Parlamento e del Consiglio UE per l'adozione di un programma pluriennale 2004-6 per l'integrazione delle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni (TIC) nei sistemi di istruzione e formazione in Europa.

E si tratta solo di alcuni esempi...

Sicuramente in un campo in veloce evoluzione come quello della formazione a distanza -sotto la spinta anche dell'evoluzione quasi esponenziale delle attrezzature HardWare e SoftWare e della loro diffusione - i problemi legati alla condivisione di iniziative a livello europeo non sono banali, tanto più che molti non sono ancora risolti nemmeno a livello nazionale: da quelli di una seria garanzia di qualità delle offerte didattiche dal punto di vista dei contenuti e delle metodologie, a quelli del trasferimento (riconoscimento) dei crediti, peraltro auspicato già nella dichiarazione di Bologna del giugno 1999.

Il Decreto citato all'inizio tende a regolamentare o, quantomeno, indicare i criteri che dovrebbero permettere l'"accreditamento" di strutture universitarie che intendano rilasciare titoli accademici. L'obiettivo è a scadenza non immediata, dato che, salvo qualche rara eccezione, molte sedi universitarie italiane hanno sperimentato e attivato in questi anni corsi di insegnamento a distanza, ma ben poche sono riuscite ad organizzare corsi di studi completi che siano in grado di far conseguire titoli accademici conclusivi.

Reputiamo perciò più opportuno trattare in generale l'argomento di corsi singoli, senza addentrarci in caratteristiche e problemi di strutture complesse quali i corsi di studio completi (come, tanto per fare un esempio, il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica on line, Somedia/Politecnico di Milano).

## 2. Motivazioni della didattica a distanza

Ripetendo osservazioni forse pleonastiche, ricordiamo che i motivi principali che possono spingere ad intraprendere iniziative didattiche a distanza, anche nel settore scientifico, possono essere:

- cercare di introdurre metodologie e tecnologie didattiche innovative nel sistema formativo esistente, integrando o sostituendo quelle tradizionali,
- permettere un diverso approccio formativo che tenga conto, da una parte, delle diverse caratteristiche individuali nei metodi e nei ritmi di apprendimento e che, dall'altra, ponga al centro dell'attenzione gli aspetti dell'apprendimento più di quelli tradizionalmente adottati dell'insegnamento,
- fornire, in parallelo alla formazione scientifica del settore disciplinare affrontato, anche competenze aggiuntive nell'uso di attrezzature informatiche, della rete e dei sistemi di comunicazione e di interazione a distanza (competenze ormai inderogabili nell'attuale società),
- ovviare a diversi problemi logistici e non (in particolare la presenza di sedi staccate, la necessità di frequenza effettiva da parte degli studenti a fronte della lontananza del luogo di residenza o di situazioni di lavoro incompatibili con la rigidità degli orari di lezione, la carenza di aule, ecc.).

Occorre ribadire anche che, in particolare per il settore scientifico (se si esclude quello informatico per il quale questa metodologia sembra essere specificamente quella che si può privilegiare) sussiste il problema dei laboratori che esigono necessariamente attività in presenza; tentativi di attività a distanza, mediante simulazioni, anche se con

SoftWare adeguati, sono velleitari e trascurano il fatto che eventuali simulazioni possono essere adottate solo dopo concrete attività in laboratorio. Analoga osservazione va fatta per i laboratori della SSIS, anche se non prevedono laboratori "manuali" e per le attività di tirocinio.

**86** In diverse regioni una grossa spinta ad intraprendere questa via è stata l'attivazione delle strutture formative universitarie per gli insegnanti (Corso di laurea per la scuola primaria e Scuola di specializzazione per la secondaria, come previsto dal Decreto istitutivo DM 26.5.1998) che hanno messo ancora più in luce esigenze e problemi di carattere logistico.

### 3. Organizzazione e gestione della didattica a distanza

Le iniziative finora generalmente attuate evidenziano diverse tipologie organizzative dei corsi dal punto di vista sia formale sia sostanziale.

Potremmo classificarle in quattro categorie -fatta salva la possibilità di sistemi misti, che si possano cioè riconoscere in due o più delle categorie di seguito elencate- caratterizzabili in base al tipo di materiale fornito; questo, a sua volta, condiziona metodologie di trasmissione diverse.

Essenzialmente, e in ordine di complessità crescente (ordine che segue, in pratica, anche lo sviluppo cronologico di queste iniziative negli ultimi anni):

#### 3.1.materiale cartaceo

#### 3.2.lezioni video-registrate

#### 3.3.corsi in autoistruzione

#### 3.4.corsi guidati in rete

Cercheremo di analizzare le quattro categorie dal punto di vista delle metodologie di trasmissione, delle caratteristiche che li contraddistinguono dalle altre, dei vantaggi e dei problemi che possono presentare.

Caratteristica -negativa- comune alle prime due categorie (3.1. e 3.2.) è quella di essere centrate sull'insegnamento e sul docente (come, d'altronde e in generale, la didattica tradizionale in senso stretto); le altre due categorie (3.3. e 3.4.) invece -sempre che la progettazione didattica sia stata accurata e vincolata alle specificità dei corsi a distanza-, si caratterizzano per essere centrate sull'apprendimento e perciò sull'utente.

Occorre inoltre ricordare che, per tutte queste tipologie, esiste comunque un problema non indifferente e spesso quasi ignorato: quello del *copyright* dei materiali utilizzati, sia testuali, sia iconici; questo benché, nell'attuale incertezza legislativa, si consideri generalmente che tutto ciò che è reperibile in rete internet sia effettivamente utilizzabile da chiunque, previa indicazione della fonte (ma per altre tipologie di fonti questa posizione non è sicuramente valida).

È necessario anche considerare, prima, alcune caratteristiche generali che riguardano le possibili modalità di messa in opera dei corsi "a distanza" -ovviamente se l'interazione via rete è prevista- raggruppabili, a loro volta ed essenzialmente, in tre categorie, legate alle diverse modalità di gestione/utilizzazione:

- **utilizzo completa on line**

questa modalità comporta (almeno nella situazione attuale e tenendo presente che gli utenti devono di solito collegarsi dalla propria abitazione) alto costo per i collegamenti dovuto anche alla frequente lentezza delle linee, ma permette sicuramente un aggiornamento continuo;

- **utilizzo completa off-line**

I materiali sono forniti o in formato video-cassetta, CD-ROM, DVD, oppure mediante rete (*download*), oppure direttamente come materiale cartaceo;

questa modalità ha costi iniziali bassi, visto che masterizzazioni o scarico e stampa dei materiali hanno un costo iniziale ragionevole, ma l'aggiornamento dei materiali risulta complicato e costoso seppure addirittura non attuabile, dato che ogni stadio di aggiornamento dovrebbe prevedere una nuova masterizzazione o un nuovo *download*; la conseguenza è che quanto viene prodotto inizialmente di solito non viene più modificato in alcun modo e gli utenti non possono portare contributi fattivi;

- **utilizzo mista on-off**

questa modalità consiste nella consultazione, anche senza collegamento alla rete (*off-line*), di materiali consegnati o scaricati in precedenza e in fasi di interazione programmate *online* (mediante posta elettronica, forum, *newsgroup* ecc.); ha il vantaggio di avere costi iniziali ragionevoli e di permettere le interazioni necessarie con collegamenti per tempi ridotti, perciò con minori costi; eventuali aggiornamenti sono agevoli soltanto via rete (si può infatti fornire solo le parti modificate); dalle esperienze effettuate finora questa metodologia è la più gradita a gran parte degli utenti: infatti possono lavorare sul materiale anche se non hanno sempre a disposizione un PC collegato alla rete; resta comunque la necessità che, periodicamente e in base alle indicazioni del docente o dei tutor, si colleghino per le attività di carattere interattivo.

### 3.1. Materiale cartaceo

Si tratta del tradizionale (ormai superato) sistema di corsi "a distanza"; le modalità di trasmissione possono essere quella postale, quella via fax, quella (più attuale) via posta elettronica; è tuttavia un sistema che quasi tutti abbandonano a favore di metodologie/tecnologie più avanzate ed adeguate ai moderni mezzi di comunicazione disponibili.

Ognuna di queste procedure presenta problemi specifici difficilmente superabili e, comunque, un rapporto costi/benefici piuttosto alto. In particolare:

- la trasmissione di materiali per **via postale** comporta alti costi di gestione per le spedizioni (sia per il docente sia per lo studente), un enorme consumo di carta, lentezza delle procedure (lo stadio di criticità o *rate determining step* è sicuramente costituito dal tempo necessario negli spostamenti del materiale con questo mezzo, che si sovrappone ai tempi effettivi di lavoro da parte del docente e degli studenti), difficoltà di archiviazione della documentazione a causa della grande mole di carta in circolazione, il bassissimo livello di interazione che, comunque, si limita, quando c'è, alla semplice interazione uno a uno (docente/studente);
- la seconda tipologia di trasmissione, **via fax**, permetterebbe di accelerare i tempi di spostamento del materiale, ma sussisterebbero comunque tempi lunghi per gli invii (che, si ricorda, sono individuali in questo caso), gli alti costi di collegamento telefonico e, soprattutto, l'inagibilità del mezzo da parte di un'alta percentuale di utenti, sia in ricezione sia in spedizione. Nemmeno gli altri problemi accennati (archiviazione, consumo di carta, livello di interazione) verrebbero risolti, anzi potrebbero essere aggravati;

- la terza tipologia, che sfrutta l'ormai diffusa disponibilità di comunicazione **via posta elettronica**, se presenta i vantaggi che la spedizione di materiali in allegato avviene in tempo reale e che è possibile l'invio contemporaneo a tutta la "classe" mediante l'organizzazione di una *mailing-list*, appare come un anacronistico utilizzo di mezzi di comunicazione avanzati per metodologie didattiche ormai datate; il sistema avrebbe comunque il vantaggio di permettere interazioni plurime, molto più funzionali all'apprendimento a distanza, visto che, utilizzando la rete, c'è la possibilità di comunicare agevolmente tra docente e studenti e tra studenti e studenti; sfruttando tale modalità di trasmissione dei materiali, sarebbe possibile anche l'attivazione di forum o *newsgroup*; permane un ulteriore problema legato alle "dimensioni" dei materiali che vengono inviati: molti fornitori di servizi di rete (*provider*) impongono limiti dimensionali agli allegati che, in caso di superamento, vengono rifiutati (per non parlare, inoltre, dei tempi lunghi per scaricarli).

### 3.2. Lezioni video-registrate

Anche questa metodologia non è certo nuova: si pensi, per esempio, al ben noto progetto del Consorzio Nettuno.

Vengono registrate elettronicamente lezioni dei docenti, che vengono poi fornite in video-cassetta o (attualmente) anche in formato CD o DVD.

Questa metodologia è relativamente semplice da applicare, anche se esige risorse logistiche specifiche per la sua realizzazione (non ultime la presenza di competenze tecniche e di regia per evitare di produrre materiali estremamente noiosi e poco comunicativi) e di disponibilità, da parte dell'utente, di sistemi di lettura non ancora (fatto salvo il formato CD-ROM) così diffusi da permettere un facile utilizzo del materiale fornito.

Questa tipologia di materiali didattici presenta comunque diversi difetti di fondo:

- manca quasi sempre una mirata progettazione didattica dei corsi che si devono configurare come corsi "a distanza" e non come semplici registrazioni di lezioni in presenza (che hanno, di per sé, ben altre caratteristiche);
- l'aggiornamento dei materiali è praticamente impossibile se non ad alti costi (di tempi, di produzione e di distribuzione);
- se in formato video-cassetta (il più comune, per ora), implica un notevole ingombro e un notevole dispendio di tempo per la gestione (per rivedere una parte della lezione è necessario scorrere quasi empiricamente il nastro)
- se in formato CD-ROM o DVD, dato che l'impegno di memoria delle video-sequenze è molto alto, esige un alto numero di dischi ma, se i materiali sono ben strutturati e indicizzati, permetterebbe di raggiungere facilmente il punto di consultazione desiderato;
- l'interazione docente/studente (e ancor più quella studente/studente) è pressoché nulla, a meno che non si preveda l'istituzione di figure esperte della materia che siano in grado di mediare tali rapporti (figure assimilabili a quelle dei *tutor online* di cui si parlerà poi); esperienze di questo tipo sono già attive.

### 3.3. Corsi in autoistruzione

Essi sono appositamente creati per l'autoistruzione, cioè per una gestione totalmente autonoma da parte dell'utente, senza alcuna interazione con docente o tutor e senza alcun vincolo temporale; possono essere forniti in formato CD-ROM o messi a disposizione attraverso la rete internet; sono di difficile realizzazione a causa del tempo e delle competenze necessari per la loro progettazione, per la realizzazione (sia per i testi sia per le immagini e la grafica), per organizzare tutto il materiale in modo razionale e funzionale all'utenza, per mettere in opera il sistema e tenendo presente che non permettono errori (se esistesse interazione questi potrebbero essere corretti o modificati anche nel corso dell'attività); implicano perciò un oneroso lavoro in *team* con intervento coordinato di figure con competenze molto diversificate (esperti di didattica e della materia, di grafica, di comunicazione, di gestione di SW applicativi, di valutazione, ecc.).

In generale sono strutture di tipo più o meno ipertestualizzato; dovrebbero prevedere anche strumenti interni di autovalutazione (tanto più perché sono "in autoistruzione"); potrebbero avere anche l'appoggio di tutor, ma generalmente questo non è previsto.

I problemi per realizzarli e gestirli sono vari, in aggiunta a quanto sopra esposto, per esempio:

- tempi lunghi per la progettazione didattica (oltre alla scontata necessità di competenze specifiche nel settore);
- tempi lunghi e complessità per la realizzazione dei materiali testuali e iconici;
- necessità di un accurato controllo di tutte le funzioni previste (*debugging*);
- disponibilità di un server sufficientemente potente per sopportare il prevedibile carico di accessi (se fornito mediante rete);
- necessità di un sistema di diffusione e distribuzione (se previsto in formato CD-ROM);
- difficile aggiornamento dei materiali da parte dell'autore (più semplice se il materiale è in rete; molto più complesso se in formato CD-ROM, dato che sarebbe necessaria sia una rimasterizzazione sia una nuova distribuzione);
- mancanza generale di *feed-back*, a meno che non sia previsto almeno un forum di discussione; queste tipologie di interazione si scontrano però con l'assenza totale di un calendario di attività (assoluta libertà nei tempi e nei modi di gestione del prodotto) caratteristica precipua dei materiali didattici in autoistruzione.

### 3.4. Corsi guidati in rete

Le analogie con i corsi in autoistruzione sono evidenti, quanto meno a livello di realizzazione e di messa in opera; ma prevedono altre condizioni essenziali per la loro gestione; nonostante le innegabili difficoltà, essi mostrano interessanti prospettive dal punto di vista formativo, in particolare riguardo al *cooperative learning*.

Rispetto ai corsi su menzionati presentano alcune esigenze aggiuntive (con problemi connessi), identificabili nelle necessità di:

- organizzazione di un accurato calendario che tenga conto di vari parametri (tempi prevedibili di apprendimento, suddivisione del materiale in "lezioni" legate all'effettivo carico didattico in base al sistema ECTS, definizione di strumenti di controllo dei tempi, delle scadenze, delle frequenze);
- individuazione di possibili *tutor online* (essenziali quando ci siano alti numeri di utenti) esperti della materia, con i

- costi implicati;
- formazione preliminare dei tutor non ancora esperti sulle modalità di interazione (via posta elettronica, forum, *newsgroup*, eventuale *chat*); presso la SSIS del Veneto, per esempio, è stato attivato da alcuni anni, un apposito corso di perfezionamento in “*Metodologie della formazione in rete: tutor online*” che si è reso necessario per poter gestire in modo formativo corretto le molte decine di corsi in rete della SSIS; risultano ormai certificati oltre 300 insegnanti che hanno superato il corso (a prescindere dalle ulteriori competenze disciplinari necessarie);
- organizzazione di almeno una lezione preliminare in presenza (per introdurre gli studenti alle modalità di gestione del corso) e di una o più, in itinere per il *feed-back*;
- elaborazione di strumenti di valutazione in itinere (con la funzione di controllo delle presenze, di autovalutazione e funzionali alla valutazione sommativa finale);
- stretto coordinamento tra le figure attive nel corso (docente, studenti, tutor, web-master);
- organizzazione razionale di strumenti di interazione, uno a uno (posta elettronica), uno a molti (posta elettronica mediante *mailing-list* e forum), molti a molti (forum, *newsgroup*, *chat*);
- attività costante di un *web-master* per la creazione degli strumenti di interazione, per la loro messa in opera, per la gestione e per gli aggiornamenti che si presentino necessari;
- monitoraggio continuo del sistema per poter apportare eventuali correzioni o miglioramenti.

#### 4. Motivazioni dell'uso della rete

Se le difficoltà sono tante, perché allora utilizzare la rete?

Possiamo individuare, in base alle esperienze finora personalmente effettuate (sperimentazione di un corso universitario in un corso di laurea, nel 1999; sperimentazione e gestione di corsi online nell'ambito della SSIS del Veneto dal 2000 ad oggi) alcune motivazioni di fondo per questa scelta:

- cercare di ridurre alcuni problemi temporali ed economici per gli spostamenti degli studenti; è chiaro che, se nell'ambito della SSIS, che ormai si è dotata di oltre un centinaio di corsi *online*, questo aspetto assume notevole importanza, nel caso di corsi di laurea universitari un concreto vantaggio emergerebbe soltanto se ci fosse la disponibilità di un numero di corsi teorici sufficiente per permettere una frequenza saltuaria (solo per le poche lezioni in presenza) durante un semestre, per esempio, riservando all'altro semestre tutti i corsi di laboratorio (per i quali è assolutamente esclusa la possibilità di corsi online);
- creare i presupposti per un sistema di educazione permanente (*lifelong learning*) a distanza per l'aggiornamento e la riqualificazione in itinere; questo presuppone, evidentemente, una struttura in grado di erogare i corsi e di assistere gli utenti mediante tutorato a distanza. A mio parere è uno degli obiettivi primari per il futuro, anche per alcune specificità delle attività in rete (per esempio le possibilità di consultazione individuale e autogestita nei tempi, di interazione asincrona, di disponibilità di funzioni di ricerca sul materiale e in rete, di condivisione di materiali didattici, di discussione tematica a distanza, di autovalutazione dei risultati conseguiti).
- creare competenze aggiuntive e trasversali, rispetto agli obiettivi disciplinari dei corsi, negli utenti: uso delle reti e dei motori di ricerca, dimestichezza con le modalità di comunicazione a distanza (*e-mail*, forum, *newsgroup*, *chat*), consapevolezza della efficacia dell'apprendimento collaborativo, ecc.;
- sperimentare nuove metodologie didattiche che possano risultare (ma è tutto da vedere!) efficaci ed efficienti almeno quanto le metodologie tradizionali e che siano più adeguate rispetto alla diffusione delle nuove tecnologie (nelle quali i giovani sono sicuramente più aggiornati e motivati di molti di noi); una valutazione di incremento dell'efficacia e dell'efficienza di questi nuovi corsi esigerebbe un “bianco” di controllo, per esempio rispetto a corsi paralleli di carattere tradizionale ed un monitoraggio parallelo dei due in base agli stessi parametri (rispetto dei tempi, risultati degli esami, ecc.)
- stimolare alla creazione di nuovi materiali (da condividere e/o diffondere via rete) per facilitare quel sistema di educazione permanente che è auspicabile per il futuro, ma anche per permettere l'organizzazione di grossi blocchi di corsi universitari a distanza (come si diceva prima, qualche corso serve a poco...);
- attivare nuove forme di collaborazione a distanza; le nuove tecnologie elettroniche ed informatiche sono già ampiamente utilizzate dai giovani (anche per l'enorme mercato che gira attorno a ciò) per comunicare tra loro; perché non sfruttarle anche per la loro formazione visto che offrono la possibilità di interagire con giovani di paesi anche lontanissimi?;
- ottimizzare le modalità di interazione uno a uno, uno a molti, molti a molti; la motivazione è affine a quella appena ricordata; è importante che si crei anche la coscienza delle possibilità insite nel mezzo;
- facilitare l'organizzazione di reti di università e di scuole; in questi ultimi tempi c'è stato un notevole fermento in questo settore e ciò permette ora interazioni quasi impensabili anche solo un decennio fa, rendendo anche più agevoli i rapporti tra università e scuola che hanno sempre sofferto di carenze sia ideologiche sia anche strutturali.

#### 5. Punti di interesse nell'organizzazione di corsi *online*

Come abbiamo visto, sia la struttura organizzativa sia la gestione dei corsi via rete sono piuttosto complesse.

Oltre alle su accennate problematiche connesse con la realizzazione dei materiali e con l'organizzazione temporale necessaria per gestirli, credo sia opportuno evidenziare altri nodi importanti perché i corsi abbiano successo.

Occorre porre attenzione, in particolare a:

##### 5.1. Figure coinvolte e loro funzioni

##### 5.1.1. Utente-partecipante

- 5.1.2. **Docente**
- 5.1.3. **Tutor metodologico**
- 5.1.4. **Tutor *online***
- 5.1.5. ***Web-master***
- 5.2. **Possibili modalità di attuazione**
- 5.3. **Valutazione nei corsi *online***
  - 5.3.1. **Iniziale-diagnostica**
  - 5.3.2. **Formativa in itinere**
  - 5.3.3. **Sommativa finale**
- 5.4. **Valutazione dei corsi *online***

Cercheremo di analizzare questi vari punti, e i nodi cui, in base all'esperienza, occorre porre particolare attenzione. Questi punti verranno esposti in modo molto schematico anche perché la loro trattazione approfondita sarebbe troppo lunga.

### 5.1. Figure coinvolte e loro funzioni

Nell'organizzazione e nella gestione dei corsi entrano in gioco figure diverse, ognuna con proprie funzioni specifiche; se qualcuna di esse verrà trascurata, i rischi di fallimento (totale o parziale) aumenteranno:

#### 5.1.1. Utente-partecipante

Assimilabile allo studente tradizionale, ma con compiti anche aggiuntivi (nel senso che lo studio della materia è, ovviamente, implicito); deve, in linea di massima:

- interagire con le altre figure attive nel sistema;
- rispettare rigorosamente le consegne del docente o del tutor e l'eventuale calendario predisposto per le varie attività e per lo studio dei materiali;
- partecipare attivamente, cioè consultare con regolarità i materiali in rete, contribuire alla discussione nei forum e nei *newsgroup* tematici, rispondere sollecitamente alle *e-mail* ricevute dal tutor;
- collaborare mediante produzione di materiali nuovi e affinamento di quelli già presenti o presentati in itinere da altri utenti o dal tutor o dal docente.

#### 5.1.2. Docente

È il promotore del corso e il garante del suo funzionamento, nonché punto di riferimento culturale per le altre figure; l'elenco di funzioni che segue rende conto anche della difficoltà di ampliare il ridotto "parco" di docenti disponibili ad intraprendere iniziative di questo tipo a causa del notevole impegno (anche temporale oltre che intellettuale) che esse comportano (la didattica tradizionale appare, al confronto, ... di tutto riposo); il docente, infatti:

- previa approfondita progettazione didattica specifica per questo nuovo contesto formativo, prepara e organizza razionalmente i materiali didattici iniziali e li aggiorna in itinere (con la collaborazione di esperti nel caso non sia in grado di coprire tutte le esigenze per la realizzazione dei materiali; questo succede frequentemente, soprattutto con materiali ipertestuali che prevedono collegamenti con altre discipline);
- prepara e aggiorna strumenti di valutazione e di autovalutazione, coordinandosi con i tutor per la valutazione iniziale e in itinere (punti 5.3.1. e 5.3.2.);
- definisce, in accordo coi tutor, le modalità di gestione del corso e delle relative attività previste;
- fornisce approfondimenti nel settore di competenza, in base alle richieste degli utenti e dei tutor che gli pervengano via *e-mail* o forum;
- partecipa ai forum e ai *newsgroup* commentando periodicamente i contributi ivi inseriti e stimolando i corsisti, anche con contributi personali, alla loro frequentazione per una migliore efficacia dello strumento;
- mantiene stretti e costanti contatti con i tutor (metodologico e *online*) e con *web-master*.

#### 5.1.3. Tutor metodologico

È una figura solo apparentemente accessoria; è il punto di riferimento per l'applicazione di corrette metodologie applicative del corso ed è attivo soprattutto (ma non solo) nelle fasi iniziali delle attività a distanza; in particolare:

- concorda col docente la composizione (anche numerica) delle classi virtuali degli utenti in base alle attività previste, e i tutor cui esse vengono affidate;
- provvede alla alfabetizzazione informatica di nuovi utenti e alla formazione iniziale dei tutor *online* che non siano in possesso delle requisite abilità necessarie per la gestione del mezzo informatico e delle modalità operative;
- coordina le attività didattiche e formative, dal punto di vista della loro organizzazione, in accordo col docente;
- fornisce assistenza alle varie figure dal punto di vista delle metodologie di interazione quando subentrino problemi.

#### 5.1.4. Tutor *online*

Rappresenta la figura cardine del sistema e deve essere esperto della materia; se essa non funziona, il sistema stesso va in crisi. Il numero di tutor *online* va valutato dal docente con il tutor metodologico a livello preliminare, in base alla numerosità degli utenti del corso e delle attività previste (e, purtroppo, anche dei costi); il rapporto numerico ottimale utenti/tutor, se si mira ad un sistema efficace ed efficiente e se il corso prevede molte attività di interazione, non dovrebbe superare il valore di 15-20.

**90** Il tutor *online*, in pratica:

- coordina la classe virtuale affidatagli e le sue attività (concordate col docente);
- controlla e corregge eventuali risposte richieste durante la valutazione in itinere (perciò occorre competenza nel settore),

tenendo in considerazione lo sviluppo dell'apprendimento individuale dei componenti della classe (punto 5.3.2.);

- controlla la frequenza di partecipazione individuale alle varie attività previste;
- stimola i componenti della sua classe alla partecipazione ai forum e ai *newsgroup*, ne commenta i contributi, porta anche contributi personali e funge eventualmente da moderatore se necessario;
- motiva e mantiene attiva la partecipazione di tutti i componenti della classe alle fasi del corso e li assiste dal punto di vista didattico;
- mantiene contatti costanti col docente e con gli altri tutor per evitare difformità di comportamento nelle varie classi.

#### 5.1.5. *Web-master*

È l'anima nascosta del sistema; l'utente non lo vede e, generalmente, non ne valuta l'importanza ma, se non ci fosse, il sistema crollerebbe per mancanza di supporto tecnico e tecnologico.

Il *web-master*, praticamente:

- progetta e imposta il sito su basi comunicative e di efficienza; questo aspetto, apparentemente solo estetico, è invece fondamentale dal punto di vista della comunicazione: un sito poco allettante, confuso, disorientante, è destinato (salvo imposizioni didattiche) all'abbandono o, comunque, ad una bassa frequenza di accessi;
- mette in opera (implementa) e aggiorna il sito inserendo i materiali pervenuti in accordo col docente; questo implica un lavoro che si dilata su tempi lunghi: prima, durante e subito dopo il corso;
- imposta e controlla regolarmente e con frequenza la funzionalità di forum, *newsgroup* ed eventuali *chat* (che annullano però uno dei maggiori vantaggi del lavoro in rete: l'asincronicità delle interazioni);
- fornisce supporto HW e SW se necessario, al docente, ai tutor, agli utenti.

#### 5.2. Possibili modalità di attuazione

È chiaro che le modalità possono variare, anche molto, in base alla tipologia del corso, alla sua durata, alle sue scadenze, alle attività previste, alla numerosità degli utenti, alla disponibilità di tutor *online*, alla disponibilità di figure tecniche e metodologiche ecc.

Alcuni punti di attenzione nell'organizzazione del corso possono essere:

- organizzazione di un calendario prevedendo scadenze predefinite per l'erogazione di ogni singolo modulo o lezione e "periodi" unitari (es.: una settimana o due) per le attività di studio e lavoro;
- predisposizione di strumenti di valutazione e/o autovalutazione che devono essere collegati con il singolo modulo o lezione e che devono essere utilizzati entro scadenze anch'esse predefinite per evitare allungamenti nei tempi di sviluppo del progetto;
- organizzazione e gestione di modalità per le comunicazioni asincrone via e-mail sia uno a uno, sia uno a molti;
- aggiornamento periodico della pagina web con gli approfondimenti forniti sulla base delle domande pervenute dagli utenti;
- organizzazione ed eventuale moderazione di un *web-forum* in tempo asincrono su tematiche particolari (comunicazione molti a molti);
- eventuale organizzazione di modalità di *chat* in tempo sincrono; questa modalità esclude però (come già detto) uno dei vantaggi della rete, quella di poter interagire autonomamente scegliendo tempi e luoghi;
- coordinamento stretto e periodico tra docente e tutor *online* per definire e mantenere linee operative coerenti ed omogenee nelle attività degli utenti e, soprattutto, nella loro valutazione in itinere da parte dei tutor.

#### 5.3. Valutazione nei corsi *online*

All'interno dei corsi e come parti essenziali di essi è necessario prevedere, programmare e organizzare modalità e strumenti di valutazione che possono essere inquadrabili in base alla tipologia e ai tempi.

In particolare si possono individuare fasi valutative diverse, ognuna con caratteristiche loro proprie, di seguito sinteticamente descritte:

##### 5.3.1. Iniziale-diagnostica

La prima fase, di carattere diagnostico, vuole individuare i requisiti che, "a priori", vengono considerati essenziali per frequentare con successo il corso; generalmente può essere effettuata mediante questionari a risposta multipla o tracce tematiche a risposta aperta o, ancora, colloqui in presenza; come minimo occorre un esame di titoli e del curriculum di studi individuale. Questa valutazione ha la sua utilità se si prevedono interventi formativi per sopperire alle eventuali carenze evidenziate oppure una (difficile e complessa, dati i tempi a disposizione) revisione del materiale del corso in base alla presenza di carenze particolari; altrimenti è pressoché inutile.

##### 5.3.2. Formativa in itinere

Questa tipologia di valutazione, estremamente utile sotto diversi aspetti, deve essere attuata periodicamente ma con costanza durante tutto il corso e serve per verificare adeguatezza qualitativa e quantitativa dell'apprendimento rispetto agli obiettivi formativi; assume generalmente anche una funzione autovalutativa poiché gli allievi ricevono indicazioni e correzioni sulle loro risposte e sui loro contributi almeno ad ogni stadio o scadenza predefinita del corso (le "lezioni", per esempio); tali indicazioni possono essere individualizzate (soprattutto nei casi molto problematici) oppure anche generali (di classe). Anche questa tipologia di valutazione dovrebbe presupporre interventi formativi mirati (individuali o collettivi) in caso di valutazione negativa o insufficiente; ma il fuoco di questa valutazione è anche il controllo dello sviluppo individuale dell'apprendimento. Un altro dei vantaggi è che l'utente non avrà sorprese nella valutazione finale essendo a conoscenza progressivamente del suo

percorso di apprendimento.

### 5.3.3. Sommativa finale

Ha luogo, ovviamente, alla fine del corso ed è assimilabile per molti aspetti al tradizionale “esame finale”, ma, in questo contesto organizzato di valutazione progressiva, assume valenza di maggiore oggettività e minore incertezza sul risultato. Proprio per queste ragioni, in tale situazione l’esame finale perde quell’alone di “prova del fuoco” aleatoria e angosciata per molti studenti. Può consistere in prove scritte e/o orali e/o pratiche, ma non può prescindere dalla valutazione formativa in itinere che ne costituisce, per così dire, il punto di riferimento. Ha come obiettivo la valutazione finale dell’apprendimento individuale ma anche, indirettamente e considerando i risultati finali per tutto il corso, una valutazione dell’efficacia e dell’efficienza del corso stesso, permettendo così di avere indicazioni concrete su possibili revisioni critiche dei materiali e/o delle metodologie adottate.

### 5.4. Valutazione dei corsi online (monitoraggio)

Oltre al contributo valutativo dei corsi proveniente dalla valutazione sommativa finale (accennato al punto 5.3.3.), è possibile anche analizzare alcuni parametri numerici oggettivi che possiamo considerare significativi rispetto alla partecipazione attiva degli utenti, essendo questa un punto essenziale nei corsi a distanza. Ciò presuppone l’impostazione, dall’inizio, di un sistema di **monitoraggio**, per esempio su:

#### 5.4.1. Interazioni e-mail docente-utenti e utenti-docente

Generalmente il numero e il tipo di interazioni è legata a problemi particolari (difficoltà di rapporto dell’utente col suo tutor, lamentele e recriminazioni su valutazioni in itinere considerate non adeguate, delucidazioni richieste su parte dei materiali didattici, problemi burocratici, ecc.); in effetti l’interazione principale programmata è con i tutor. Non è un parametro di per sé molto significativo, ma può evidenziare, appunto, problemi che è possibile così risolvere in tempo reale.

#### 5.4.2. Interazioni e-mail docente-tutor e tutor-docente

Questa tipologia di interazione è collegata spesso alla tipologia precedente; se i tutor sono correttamente formati dall’inizio, se non subentrano problemi o necessità di comunicazioni urgenti o di problematiche emerse nei rapporti con gli allievi, assume di solito dimensioni trascurabili, se si esclude l’eventuale necessità di comunicazioni per correzioni in itinere dei materiali (o loro integrazione) o affinamento della metodologia di interazione con gli studenti.

#### 5.4.3. Interazioni e-mail tutor-utenti e utenti-tutor

È sicuramente la tipologia di interazione di maggiore importanza anche dal punto di vista numerico (se è **m** il numero di lezioni ed **n** il numero dei componenti della classe, è facile raggiungere e superare numeri dell’ordine di **2mn** per ogni tutor); il tutor, interlocutore privilegiato dei componenti della sua classe, riceve dai singoli allievi le risposte alle domande previste dal corso, ne commenta i risultati collettivamente o individualmente (ove qualcuno presenti difficoltà specifiche e/o trattabili solo a livello personale); riceve commenti in merito (spesso individuali) e dialoga correntemente con gli allievi; riceve richieste di chiarimenti e risponde in merito... Talvolta questo rapporto assume anche risvolti di carattere personale.

#### 5.4.4. Contributi al forum di docente e tutor

Altro punto di controllo importante è il forum (o i *newsgroup* tematici se organizzati). Docente e tutor stimolano gli allievi a contribuire al forum, inizialmente con una autopresentazione per “rompere il ghiaccio” (per ora, ma il problema si sta affievolendo, c’è molta ritrosia da parte degli allievi ad esporsi pubblicamente con materiale scritto, mentre ce n’è molta meno a livello verbale).

Ulteriori stimoli vengono forniti proponendo tematiche di discussione o re-indirizzando discussioni che tendano a deviare rispetto agli obiettivi prefissati.

#### 5.4.5. Contributi al forum di utenti

Questo è un parametro quantitativo e qualitativo molto interessante perché si evidenziano, da un’analisi dei contributi e dei “contribuenti” la disponibilità a mettersi in discussione e a sostenere le proprie idee; vengono in luce anche aspetti particolari delle personalità individuali, come interessi e cultura personale, pensiero divergente e creativo, capacità di fungere da leader (ma anche, ovviamente, il contrario di tutto questo); questa analisi dovrebbe incidere fortemente anche sulla valutazione formativa in itinere individuale.

Un alto numero di contributi di buon livello e di discussioni critiche sui temi proposti o emersi è anche un segno tangibile dell’apprendimento collaborativo (*cooperative learning*) che dovrebbe costituire uno degli obiettivi trasversali primari dei corsi a distanza. In questi 4 anni di lavoro nella SSIS, nei corsi *online* del settore chimico, si è evidenziato un progressivo e significativo aumento dei contributi (peraltro molto condizionato dalla personalità del tutor).

#### 5.4.6. Numero, voto e data di quanti hanno superato l’esame

Anche questi sono parametri significativi per valutare l’efficienza del corso. Un corso a distanza, vista la programmazione rigorosa dei tempi e se la scansione delle attività è stata corretta, dovrebbe portare buona parte degli allievi a superare l’esame finale nella prima sessione utile dopo la conclusione del corso. Un altro parametro è sicuramente la media dei voti ottenuti nella sessione (che sarebbe ancora più significativo se potesse essere confrontato con un ipotetico corso tradizionale parallelo); la media dei voti può essere anche commisurata con la valutazione iniziale-diagnostica.

Dalle esperienze effettuate sia nell’ambito del corso di laurea (sperimentato purtroppo una sola volta per vari motivi, non ultimo l’inerzia del sistema universitario ad accettare innovazioni) sia, in particolare, nell’ambito della SSIS, i risultati

rispetto a quest'ultimo punto sono ottimi: generalmente superano l'esame nella prima sessione utile almeno il 90% degli allievi; questo anche grazie alla preziosa collaborazione dei tutor che riescono a guidare gli allievi nel difficile percorso indirizzandoli lungo la via migliore; ne è un chiaro sintomo l'andamento positivo nel rendimento di quasi tutti gli allievi: non è raro il caso di chi parte malissimo e poi migliora a vista... raggiungendo livelli ottimali prima dell'esame finale. Dati numerici sul corso di Didattica della chimica online del 2001-2 sono stati già presentati, per esempio nel Convegno "Tra il dire e il fare" ad Alghero nel gennaio del 2003, a livello esemplificativo (vedi Appendice).

## 6. Corsi attualmente disponibili in rete legati alla chimica

I corsi seguenti sono stati immessi in rete in date diverse (tra parentesi la data di nascita) ed eventualmente modificati in seguito; tenendo presente che talvolta subiscono variazioni di indirizzo per ragioni logistiche od organizzative (cambio di server, per esempio), attualmente sono liberamente utilizzabili (fatti salvi i diritti di copyright!!!) i corsi:

**"Chem-on-line 2000" Corso di Chimica generale** (dicembre 1999)

<http://venus.unive.it/chem2000/Default.htm>

**"Didachem 2000" Corso di Didattica della Chimica** (febbraio 2000, aggiornato a marzo 2005)

[http://www.univirtual.it/corsi%20VI%20ciclo/IIsem\\_IND/dida05/default.htm](http://www.univirtual.it/corsi%20VI%20ciclo/IIsem_IND/dida05/default.htm)

**"Fondamenti storico epistemologici della chimica"** (gennaio 2001, aggiornato a marzo 2005)

[http://www.univirtual.it/corsi%20VI%20ciclo/IIsem\\_IND/fonda05/default.htm](http://www.univirtual.it/corsi%20VI%20ciclo/IIsem_IND/fonda05/default.htm)

**"Cicli nell'ecosfera: CONSP"** (aprile 2003)

[http://venus.unive.it/miche/cicli\\_ecosis/homepage.htm](http://venus.unive.it/miche/cicli_ecosis/homepage.htm)

## Appendice

Vengono riportati, come esempio, i dati relativi al corso di Didattica della Chimica online tenuto dall'autore presso la SSIS del Veneto nel 2001 (i corsi tenuti negli anni successivi hanno dati risultati analoghi, con un consistente incremento del numero di interazioni; non ci sono state invece variazioni positive nei contributi ai forum, anche a causa del notevole impegno individuale per le varie attività formative della SSIS):

<b>numero iscritti:</b>	42
<b>classi virtuali</b> , ognuna affidata ad un tutor:	4
<b>forum</b> , uno per ogni classe:	4
<b>struttura del corso:</b>	8 moduli da 3 ore
<b>valutazione in itinere:</b>	2 domande a risposta aperta per ogni modulo (totale 16 domande)
<b>numero di interazioni e-mail</b>	
interazioni studenti-docente	28
interazioni docente-tutor	29
interazioni tutor-docente	57
interazioni tutor-studenti	330
interazioni studenti-tutor	330
totale interazioni e-mail	764
numero medio interazioni/studente	<b>18,2</b>
<b>contributi ai forum di discussione attivati (4)</b>	
contributi del docente	48
contributi di tutor e studenti	107
totale contributi ai forum	155
numero medio contributi/studente	<b>3,7</b>
<b>numero di risposte agli item</b>	
risposte pervenute	658
risposte totali possibili (2x8x42)	672
% di risposte pervenute sul totale	97,92
numero medio risposte/studente	<b>14,66</b>
<b>esami finali</b> sostenuti positivamente nella prima sessione utile:	42
percentuale di successo	<b>100</b>

## Bibliografia sintetica di riferimento

- G.Michelon, M.Banzato, D.Corcione "Chem-online 2000. Un corso di Chimica in rete", Atti del XI Congresso Nazionale di Didattica Chimica Edichem'99, Bari, 12-16 dicembre 1999
- G.Michelon, M.G.Tollot, F.Carasso Mozzi "Prodotti ipermediali nella didattica scientifica", CNS La Chimica nella Scuola, n.2, 2000, pp.35-39
- M.Banzato, D.Corcione, G.Michelon "Chem-online 2000. Sperimentare un corso scientifico online all'università", Informatica e Scuola, marzo 2000
- G.Michelon "Interazioni tra le aree delle SSIS: area comune, di indirizzo e tirocinio", Atti del Seminario Convegno "Per le scienze: un nuovo insegnante per una scuola nuova", Venezia, 11 maggio 2001
- G.Michelon "Nuove metodologie didattiche: corsi in rete", in *"Università e Formazione degli insegnanti: non si parte da zero"*, Forum Editrice, Udine, giugno 2002, pagg.141-149
- G.Michelon "Formazione insegnanti e interazioni in rete", Atti del Seminario "Analisi e prospettive della formazione continua dei docenti on-line", Progetto "Rete tra il Dire e il Fare". Alghero, 20 gennaio 2003, pp.11-21
- G.Michelon "Formazione scientifica in rete: qualche tipologia e qualche problema", (XXI Convegno Nazionale SCI, Torino, 22-27 giugno 2003) CNS - La Chimica nella Scuola, settembre-ottobre 2003, pagg.112-117

# IL LABORATORIO RED: MODELLI DI LAVORO E DIDATTICA DELLE SCIENZE

Fausta Carasso Mozzi

*Laboratorio RED - Centro di Eccellenza - SSIS Veneto*

Il laboratorio Scuola Università per la Ricerca Educativa e Didattica (RED) da molti svolge la sua attività con la direzione della Cattedra di Pedagogia di Cà Foscari.

Già alla fine degli anni ottanta sono state sviluppate interessanti esperienze presso le scuole del Triveneto che hanno permesso di consolidare una base teorica di riferimento. L'assetto teorico è stato successivamente elaborato, alla luce delle odierne teorie maturate dalla Psicologia e dalla Filosofia della Scienza, fino alla definizione di una Teoria del Curricolo ed alla messa a punto di un coerente impianto metodologico didattico.

Nel 1997 è stato pubblicato, a cura di U. Margiotta con i contributi anche di L. Valle, R. Rigo, S. Zanchin e F. Tessaro, il manuale che tuttora costituisce il punto di riferimento per quanti gravitano intorno al Laboratorio RED come ricercatori o come utenti (supervisor di tirocinio, specializzandi delle SSIS e insegnanti in servizio dei vari ordini di scuola).

Da allora sono uscite numerose pubblicazioni che adottano e adattano l'impianto metodologico per le didattiche disciplinari. La metodologia, sperimentata con ottimi risultati, focalizza l'attenzione ai processi di apprendimento e di insegnamento oltre che ai loro prodotti e aiuta ad organizzare gli ambienti di apprendimento in modo funzionale all'acquisizione di apprendimenti significativi.

I saperi dello studente, costruiti attraverso la messa a punto o la rielaborazione della sua struttura cognitiva diventano, così, durevoli nel tempo e capaci di rigenerarsi in contesti diversi.

Gli aspetti che maggiormente caratterizzano l'assetto teorico di riferimento sono:

- La concezione di curricolo come piano di sviluppo verticale di soglie di padronanza<sup>1</sup> (e di grappoli di competenze ad esse afferenti) attraverso percorsi flessibili, integrati, modulari; concezione che nasce da una visione complessa e organica dei vari fattori del processo di insegnamento – apprendimento e che apre la dimensione contenutistica a tutte le variabili del processo educativo.
- Il metodo per la progettazione, basato sulla triangolazione continua tra apprendimenti, saperi e metodi, che valorizza da un lato il potenziale formativo delle varie discipline e consente di scegliere i contenuti, i modelli “esperti”, i procedimenti e le strategie cognitive che di volta in volta sono più adatti, dall'altro le competenze metodologico – didattiche che ottimizzano l'organizzazione degli ambienti di apprendimento, con attenzione alla strutturazione del compito, al clima della classe e all'uso di mediatori didattici e metodologie attive per l'integrazione cognitiva e la comunicazione educativa
- L'adozione di un Modello di lavoro strutturato in sei fasi, per la progettazione e la gestione del lavoro in classe, in grado di offrire allo studente spazi attivi di elaborazione, funzionali allo sviluppo di apprendimenti significativi.

Recentemente è stato avviato un importante filone di ricerca in materia di valutazione degli apprendimenti e comunicazione per introdurre ad un sistema valutativo coerente con la metodologia del curricolo per soglie di padronanza e volto a dare trasparenza dell'atto valutativo, affinché questo diventi anche momento orientativo per il progetto di vita dell'allievo.

Il presente contributo illustra il Modello di lavoro strutturato in fasi per rendere esplicito il metodo didattico che esso veicola e i vantaggi che può offrire. Presenta inoltre un esempio di utilizzazione di tale Modello nell'insegnamento integrato delle scienze, relativo al tema della combustione, per dimostrare come la metodologia sia utilizzabile nell'insegnamento delle scienze sperimentali.

*A corredo dell'Unità viene trattato, a cura di M. G. Tollot, anche l'aspetto valutativo secondo il metodo elaborato nel laboratorio*

## Il Modello di lavoro

La strutturazione del modello in fasi permette all'insegnante di focalizzare l'attenzione su alcuni fondamentali processi di apprendimento, quali la memorizzazione, l'applicazione, il trasferimento, la ricostruzione, la generalizzazione e di favorire la loro attivazione con una opportuna progettazione.

Le sei fasi conducono il soggetto che apprende da una prima presa di coscienza di ciò che egli già sa su un dato argomento,

<sup>1</sup> *Soglia di padronanza* Il termine indica anche la mèta di ogni “unità di apprendimento”, i punti di arrivo che in itinere testimoniano il progredire della mente e del comportamento dell'allievo verso la riorganizzazione dei suoi saperi. In altri termini, esprime le tappe di crescita dell'allievo verso la consapevolezza concettuale, processuale ed operativa; qualifica il modo con cui il soggetto esercita abilità e prestazioni.

Viene formulata dal docente in sede di progettazione didattica e deve indicare:

a) l'*ordinatore concettuale* dell'“unità di apprendimento”. È il punto di riferimento, il prodotto di conoscenza a cui si perviene attraverso ricerca, applicazione, trasferimento, riflessione;

b) la “*regola*” ovvero la chiave di lettura che l'allievo scoprirà attraverso le fasi dell'itinerario di apprendimento e che darà senso e significato all'acquisizione dell'ordinatore. L'espressione “regola” è da intendersi in senso ampio ed estensivo e, relativamente al campo concettuale, quasi come procedura, piano, strategia per operare, oppure come principio generale.

L'avvenuta acquisizione delle diverse soglie in cui è stato articolato il percorso di apprendimento garantisce al docente la possibilità di descrivere il profilo formativo personalmente conseguito da ciascun allievo per effetto delle esperienze di apprendimento. (dal testo U. Margiotta - a cura di Riforma del curricolo e formazione dei talenti. Armando 1997)

ad una progressiva elaborazione ed organizzazione delle nuove conoscenze fino alla ricostruzione e riflessione metacognitiva dell'intero percorso. Sono state contraddistinte dalle prime lettere dell'alfabeto e denominate facendo riferimento al processo di apprendimento da attivare.

*I principali processi cognitivi considerati sono di:*

- Attivazione, recupero, esplorazione, prima organizzazione dei saperi naturali<sup>2</sup> individuali ( Fase A, di attivazione dei saperi naturali)
- Ricerca e produzione di analogie; elaborazione dell'informazione; ristrutturazione e organizzazione della mappa cognitiva personale (Fase B, di mapping)
- Elaborazione dell'informazione; ricerca e produzione di analogie tra le informazioni acquisite e quelle che emergono nello svolgimento del compito; consolidamento degli schemi cognitivi (fase C, di applicazione)
- Ricerca e produzione di differenze/dissonanze per la discriminazione e di analogie per la generalizzazione. Trasferimento-contestualizzazione del sapere in situazioni diverse con sviluppo pensiero procedurale e produzione ideativo-immaginativa (fase D, di transfer)
- Ricostruzione, giustificazione, controllo attivo, autoregolazione, rappresentazione (fase E, di ricostruzione)
- Elaborazione e reinvenzione personale della regola (fase F, di generalizzazione)

*La struttura del modello aiuta quindi ad organizzare gli insegnamenti e gli apprendimenti.*

*La fase A* deve favorire l'attivazione dei saperi individuali e loro socializzazione all'interno della classe con strategie attive di brain-storming e conversazione guidata, e con l'elaborazione di una mappa condivisa delle conoscenze di partenza per ottenere la consapevolezza dei saperi individuali e collettivi già presenti rispetto al compito.

*La fase B* ha lo scopo di fornire nuove informazioni (schemi e/o procedure) come organizzatori anticipati e di far acquisire a ciascuno la consapevolezza del compito da affrontare e delle relazioni tra sé e il compito.

*La fase C* propone attività laboratoriali per l'elaborazione, l'organizzazione dell'informazione e il consolidamento di conoscenze operative e abilità specifiche relative al nodo concettuale considerato, fino al raggiungimento della consapevolezza delle abilità da mettere in atto e dei concetti da padroneggiare.

*La fase D* ha lo scopo di porre lo studente in situazioni nuove e in contesti diversi nei quali l'allievo possa riconoscere e applicare gli schemi acquisiti e produrre discriminazioni e analogie con la consapevolezza della decontestualizzazione e ricontestualizzazione dei concetti e delle procedure.

*La fase E* prevede attività da svolgere in piccoli gruppi o individualmente per la revisione del percorso e la giustificazione delle strategie cognitive messe in atto, fino alla riflessione critica sull'intera esperienza.

*La fase F* si realizza con attività e strategie attive (studio di caso, incident, gioco dei ruoli) volte a far sì che ciascuno possa rappresentarsi la "regola" e operare una valorizzazione personale di quanto appreso ottenendo la consapevolezza riflessiva dei propri prodotti e processi di conoscenza e della loro spendibilità.

Come si può osservare, le attività delle prime fasi predispongono all'acquisizione, elaborazione e organizzazione delle informazioni, quelle successive sono centrate sull'operatività per il consolidamento delle conoscenze e delle abilità, mentre le attività delle ultime due fasi sono rivolte allo sviluppo dell'autovalutazione, dell'autoregolazione e dell'auto-orientamento.

Alla luce dei risultati ottenuti nelle varie sperimentazioni, si può affermare che il Modello di lavoro può essere assunto come struttura organizzativa generale delle Unità di Apprendimento per tutti gli ambiti disciplinari.

Nell'insegnamento delle scienze sperimentali la didattica "per fasi" non solo suscita curiosità e motivazioni e favorisce lo sviluppo di apprendimenti connotati dalla riflessione metacognitiva, ma garantisce anche il collegamento tra lo svolgimento delle attività laboratoriali e la costruzione dei concetti.

Questo aspetto è particolarmente importante perché aiuta a superare la tendenza "attivistica" che focalizza tutta l'attenzione dello studente sugli aspetti sperimentali e lo lascia da solo nel momento della costruzione dei concetti. Infatti il modello per fasi, in accordo con la concezione costruttivista dell'apprendimento, considera le attività sperimentali un momento centrale e indispensabile ma non unico e lo valorizza con attività successive che garantiscono la completezza del percorso cognitivo e metacognitivo e la personalizzazione degli apprendimenti.

La scansione in fasi non deve essere intesa in modo restrittivo: al contrario, l'alternanza delle fasi garantisce flessibilità all'insegnamento e facilita l'uso di mediatori didattici e strategie attive variati, congeniali ai diversi modi di apprendere degli studenti.

Le strategie attive si pongono infatti come strumento che media l'insegnamento diretto, facilita l'apprendimento da parte dell'allievo rendendolo attivo e motivato, promuovono svariati processi e, spesso, l'apprendimento cooperativo.

Talvolta nella didattica delle discipline scientifiche anche le fasi B e C possono ripetersi più volte, per consentire l'attuazione di molteplici attività sperimentali e favorire l'integrazione degli apprendimenti e l'acquisizione di concetti operativi.

### **Un esempio di Unità di Apprendimento**

L'Unità di Apprendimento "Il fenomeno della combustione" fornisce un esempio di "didattica per fasi", il suo esame permette di riflettere sulla metodologia assunta come riferimento nella progettazione.

L'Unità è destinata a studenti di 10 – 12 anni con lo scopo di trasformare l'idea del fuoco in un insieme organizzato di conoscenze e di procedure relative alla combustione.

<sup>2</sup> Con i termine "saperi naturali" si intende il bagaglio di conoscenze che l'allievo già possiede. L'attivazione dei saperi naturali ha lo scopo di attribuire dignità e valore alle esperienze di apprendimento avvenute precedentemente, anche fuori dall'ambito scolastico, per favorire i processi di costruzione della conoscenza.

Ci si discosta, qui, dalla tradizionale prassi di verificare i prerequisiti considerandoli, in una concezione lineare dell'apprendimento, come condizione antecedente e necessaria al trattamento didattico degli obiettivi previsti. Si preferisce accogliere tutto ciò che lo studente ha acquisito, anche se inesatto o incompleto, e finalizzare l'azione didattica alla riorganizzazione delle strutture concettuali esistenti. (M.R. Zanchin)

Speciale: la chimica nelle SSIS

La tematica offre la possibilità di sviluppare molti concetti scientifici indispensabili per lo sviluppo del curricolo ed apre a molte tematiche disciplinari o pluridisciplinari, quali ad esempio, quelle di proprietà e trasformazione dei materiali, trasformazione chimica, energia, effetto serra.

Nel percorso sulla combustione si focalizza l'attenzione sull'acquisizione di competenze disciplinari e trasversali afferenti alla padronanza<sup>3</sup>: "indagare le trasformazioni che avvengono nei sistemi reali ragionando in termini di *stato iniziale - stato finale* per descriverle e interpretarle".

Si utilizza il "modello esperto" tipico dell'indagine scientifica per lo studio delle trasformazioni: "Guardare un Sistema per Stati" che richiede di:

- Individuare un sistema
- Individuare i componenti del sistema, le loro proprietà ed i fattori influenti sul sistema, prima della trasformazione
- Individuare i componenti del sistema, le loro proprietà ed i fattori influenti sul sistema, dopo la trasformazione
- Confrontare per rilevare ciò che cambia e ciò che rimane invariato

Questo modello può essere utilizzato anche nello studio della storia e dello sviluppo degli aspetti socio-economici. Per questo motivo e per la ricchezza di spunti che offre, la tematica può essere sviluppata oltre che dal punto di vista scientifico, dal punto di vista storico, antropologico, letterario (letteratura popolare: miti e leggende) con la possibilità, quindi, di facilitare l'integrazione degli apprendimenti, specie nella scuola primaria.

L'organizzazione complessa dell'Unità di Apprendimento viene sintetizzata con la tavola 1.

## UNITÀ DI APPRENDIMENTO

### IL FENOMENO DELLA COMBUSTIONE

#### Nodi della trama concettuale

- Proprietà delle sostanze
- Trasformazioni delle sostanze
- Sistema
- Stato iniziale del sistema - stato finale

#### Dalle competenze alla padronanza

L'allievo impara a:

- rilevare le proprietà caratteristiche che permettono di riconoscere i combustibili
- osservare e descrivere esperimenti relativi alla combustione
- confrontare per cogliere le proprietà che cambiano o si conservano in tipologie di trasformazioni diverse
- confrontare combustioni che avvengono in situazioni ambientali diverse per individuare fattori influenti sul sistema in trasformazione
- operare per verificare ipotesi relative alla combustione
- interpretare descrizioni relative al fuoco, mitologiche e non, e rappresentare graficamente le idee contenute
- esporre seguendo una sequenza logica e spiegare le procedure e le strategie usate per studiare la combustione
- ritrovare le regole per classificare le sostanze combustibili secondo criteri stabiliti
- usare ricorsivamente e consapevolmente uno schema di ragionamento "stato iniziale-stato finale" per analizzare trasformazioni diverse
- ricondurre fatti, concetti o procedure relative al tema della combustione ad uno schema logico complessivo

#### Soglia di padronanza attesa

L'allievo acquisterà la consapevolezza che esistono molte sostanze che hanno la proprietà di bruciare quando vengono innescate; che esse costituiscono la categoria dei combustibili; che la combustione è una trasformazione nella quale il combustibile si combina con il comburente e si trasforma irreversibilmente in acqua (vapore) e anidride carbonica, con concomitante sviluppo di luce e calore.

Acquisirà anche un nuovo metodo per lo studio delle trasformazioni, con riferimento ad uno specifico schema di ragionamento (confronto tra prima e poi) destinato a rendere sempre più evoluto l'approccio ai sistemi reali.

Sarà consapevole che lo schema di ragionamento aiuta a comprendere e gestire non solo la combustione ma anche altri cambiamenti.

---

<sup>3</sup> *Padronanza* Si assume infatti che il soggetto ha conseguito una *competenza* quando "sa; sa fare; e sa anche come fare". Vale a dire quando esplica, esercita, contestualizza in ambienti diversi le personali conoscenze sviluppate durante il percorso di apprendimento propostogli. Ma il percorso stesso raggiunge il suo risultato ottimale - e quindi il livello di una vera e propria *padronanza* - solo quando le fasi di lavoro didattico conducono esplicitamente l'allievo in ambiente metacognitivo, rendendolo capace di ricostruire, giustificare, rivedere e valutare criticamente il lavoro personalmente svolto, sapendo anche esplicitare la regola di generalizzazione che presiede all'uso delle conoscenze acquisite. Vale a dire quando attribuisce significato a tutto ciò che ha imparato a conoscere, a fare, a come e perché farlo poiché riesce anche a prevedere o prefigurare "verso dove" può essere orientata la sua esperienza di apprendimento. (M.R. Zanchin)

Tavola 1 - Sintesi dell'Unità di apprendimento

PADRONANZA	SOGLIA DI PADRONANZA ATTESA	SAPERI Fatti, concetti, regole, procedure, principi	COLLABORAZIONE tra le discipline coinvolte	AMBIENTE PER L'AF Strutturazione del compito Gestione del clima
INDAGARE LE TRASFORMAZIONI RAGIONANDO IN TERMINI DI "STATO INIZIALE - STATO FINALE" PER DESCRIVERLE E INTERPRETARLE	L'allievo acquisirà la consapevolezza che - esistono molte sostanze che hanno la proprietà di bruciare quando vengono innescate; che esse costituiscono la categoria dei combustibili; che la combustione è una trasformazione nella quale il combustibile si combina con il comburente e si trasforma irreversibilmente in acqua (vapore) e anidride carbonica, con concomitante sviluppo di luce e calore. - Acquisirà anche un nuovo metodo per lo studio delle trasformazioni, con riferimento ad uno specifico schema di ragionamento (confronto tra "prima e poi") destinato a rendere sempre più evoluto l'approccio ai sistemi reali. - Lo schema di ragionamento aiuta a comprendere e gestire non solo la combustione ma anche altri cambiamenti  Atteggiamenti: 1. di apprezzamento dello schema operativo acquisito per l'utilità che esso presenta nell'approccio alle trasformazioni 2. di disponibilità alla cooperazione, nel lavoro di gruppo, dovuta alla consapevolezza di padroneggiare lo schema operativo.  Motivazione: ▪ ad appropriarsi di una metodologia efficace per lo studio dei fenomeni naturali	Dal "modello esperto" tipico dell'indagine scientifica classica sulle trasformazioni "Guardare un Sistema per Stati":  1. Proprietà delle sostanze 2. Trasformazioni delle sostanze 3. Sistema 4. Stato iniziale del sistema- stato finale	<i>Italiano</i> <i>Storia</i> <i>Scienze</i>  Gli insegnanti di scienze concordano sul significato e sul ruolo nell'ordine di scuola considerata (primaria o secondaria di primo grado) dell'approccio scientifico alle trasformazioni. Propongono ai colleghi di italiano e storia sia di collaborare nell'organizzazione di questa unità di apprendimento con informazioni che derivano dalle loro discipline, sia di predisporre altre unità che utilizzino questo modello in campo storico - economico.  Organizzano le attività in compresenza e individuali, la loro successione, i tempi parziali e complessivi  Stabiliscono i materiali di lettura e i materiali per il laboratorio . Concordano le strategie didattiche attive da svolgere in comune.	<b>Strutturazione dell'ur fasi</b> (dai "saperti naturali  <b>Mediatori didattici:</b> attivi: laboratorio scientifico; schemi, tabelle, analogici: incidenti simbolici: letture di testi  <b>Metodo e organizzazione</b> esecuzione di attività sperimentali attività riflessive sulle trasformazioni schema di ragionamento rappresentazione  <b>Gestione del clima:</b> L'organizzazione del gruppo alternata a momenti di insegnante pianifica le altre attività, assume il ruolo di storming e nell'incidente rielaborazione del percorso.  <b>Verifiche e valutazioni</b> valutazione in itinere ut analisi costituiti da ind profilo emergente.

## LE FASI DELL'UNITÀ DI APPRENDIMENTO

### FASE A

#### ATTIVAZIONE SAPERI "NATURALI" ("CHE COSA SAI?")

*L'insegnante informa la classe che il compito ha lo scopo di avviare allo studio di un fenomeno molto importante che aiuta a capire molti fatti della vita quotidiana: il fenomeno della combustione; propone delle attività che aiutano a ritrovare conoscenze nella memoria*

Sottolinea l'importanza di approfondire la conoscenza del fenomeno che è molto usuale per il fatto che esistono molti materiali che possono prendere fuoco e bruciare, e al tempo stesso molto pericoloso: la combustione.

Per recuperare conoscenze precedentemente acquisite e ad organizzarle collettivamente.

Attiva un brain storming con la domanda generale: cosa sappiamo del fuoco?

Organizza l'attività orientando gli allievi verso i seguenti punti:

- Il fuoco è....

- Il fuoco si fa con...

- Il fuoco si spegne quando.....

Invita poi ad ordinare le conoscenze emerse ed a costruire, con il contributo di tutti i componenti della classe, una "mappa concettuale".

#### RISULTATI ATTESI

Gli allievi, confrontando i loro "saperi naturali" con quelli dei compagni e contribuendo ad integrare le conoscenze per la costruzione di un sapere condiviso sul fuoco, acquisiscono la consapevolezza della relazione tra se e il compito.

### FASE B

#### MAPPING ("DEVI SAPERE CHE")

*L'insegnante suggerisce attività che permettono agli studenti di organizzare le idee fondamentali inerenti la combustione ed avvia a un modello descrittivo del fenomeno*

1. Attraverso visione di pezzi di filmati e letture che offrano la possibilità di considerare l'argomento da più punti di vista: incendi in natura; combustioni per l'agricoltura; il fuoco per le popolazioni primitive; il mito di Prometeo; l'estrazione del carbone; l'utilizzazione del fuoco per produrre movimento (locomotive a vapore, bastimenti a vapore ecc); i forni nelle vetrerie e nelle officine per lavorare i metalli
2. Facilitando l'organizzazione delle idee. L'insegnante suggerisce delle sintesi mettendo in evidenza le parole utili: Quello che nel linguaggio comune chiamiamo fuoco, nel linguaggio scientifico viene chiamato fenomeno della **combustione**. Da quanto visto, possiamo affermare che
  - Dalla combustione si sviluppa il fuoco costituito da **luce e calore....**
  - La combustione è una trasformazione che avviene nei materiali detti **combustibili.....**
  - La combustione inizia con l'**accensione....**
  - Nella maggior parte dei casi la combustione lascia un residuo: **la cenere**
  - Quando una sostanza brucia, spesso si vede **il fumo**
3. Proponendo agli allievi di esprimere le proprie idee anche con dei disegni, l'uomo che utilizza il fuoco per far luce, per riscaldarsi e cuocere i cibi, per tenere lontano gli animali feroci, per rendere più fertili i terreni che coltiva, per produrre il vapore che fa muovere le macchine, ecc.
4. Aggiungendo altre informazioni, come organizzatori anticipati, che promuovono gli indispensabili collegamenti logici:
  - Oggi, oltre alla legna, i combustibili più usati sono quelli **derivati dal petrolio (benzina, gasolio, nafta) e il metano** che è una sostanza gassosa che si estrae dal sottosuolo. Infatti nelle abitazioni...; negli autoveicoli...
  - La combustione necessita della presenza dell'aria, o meglio, dell'ossigeno che in essa è contenuto nella percentuale del 20%. L'ossigeno è la sostanza che si combina con il combustibile e viene detto **comburente**. Infatti quando nelle stufe si regola l'entrata dell'aria si ottimizza il rapporto tra combustibile e comburente. Nella combustione è esiste sempre la coppia **combustibile – comburente**

La combustione, è una trasformazione che inizia con l'accensione. Con un linguaggio più specifico, può essere presentata come:

**Esercizi**

- Elenca tutte le parole nuove che hai imparato....
- Completa le seguenti frasi...
- Scrivi i nomi di tutti i combustibili che ricordi .....
- Compila la tabella seguente includendo tutti i combustibili che conosci

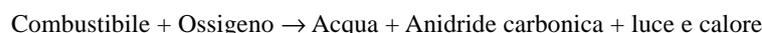
Combustibile	Stato di aggregazione

**RISULTATI ATTESI**

L'allievo acquista consapevolezza della natura del compito e della relazione tra sé e il compito: si prepara ad ampliare le proprie conoscenze secondo la logica proposta; comincia a rappresentarsi il fuoco come combustione ed impara il lessico specifico.

**FASE C****APPLICAZIONE ("QUEL CHE DEVI FARE")**

*L'insegnante spiega che le attività di laboratorio attuate in questa fase mirano a far consolidare i concetti già esposti ed a ricercare, in un contesto sperimentale che permette di individuarle, altre componenti rispetto a quelle considerate in modo da completare la classica equazione chimica:*



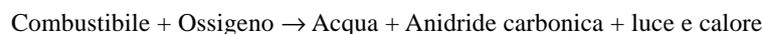
1. L'insegnante spiega che le esercitazioni avranno lo scopo di far riflettere sulle informazioni che l'insegnante ha anticipato.

Fornisce, in momenti separati, le schede con le indicazioni relative all'esecuzione delle quattro esercitazioni di seguito indicate ed aiuta a formulare l'ipotesi che sta alla base di ciascun procedimento.

- La combustione di una candela sulla bilancia
- La candela si spegne in ambiente chiuso
- I prodotti della combustione a contatto con una superficie fredda
- I prodotti della combustione a contatto con l'"acqua di calce"

Gli allievi suddivisi in piccoli gruppi, osservano, registrano i dati, argomentano, trovano conclusioni.

Al termine delle attività, con una discussione collettiva, viene verificata la correttezza della *regola* espressa dalla notazione:



2. L'insegnante propone come rinforzo un esperimento per osservare il ruolo dell'aria nella combustione simulando le condizioni del "tiraggio" di un caminetto.

Spiega la procedura per la preparazione del materiale e per l'esecuzione. Al termine dell'esperimento chiede di riepilogare sul quaderno ciò che è stato fatto. Come guida pone domande di questo tipo:

- Influisce, nella combustione, la presenza dell'aria?
- In quale caso ti sembra che l'entrata dell'aria sia stata più efficace?
- Perché è utile sapere queste cose?

3. Sottopone all'attenzione della classe due possibili proprietà della combustione: quella di essere una trasformazione spontanea, in quanto dopo avvenuta l'accensione procede fino alla fine e quella di essere una trasformazione irreversibile e chiede di argomentare individualmente per scritto.

**RISULTATI ATTESI**

Consapevolezza delle abilità messe in atto e dei concetti da padroneggiare.

L'allievo si rende conto che il fenomeno della combustione è complesso ma può essere esaminato da vicino, schematizzato e controllato.

## FASE D

## TRANSFER (“E SE INVECE.....ALLORA”)

*L'insegnante invita a sviluppare il modello per lo studio delle trasformazioni “stato iniziale-stato finale” con il “gioco del prima e del poi” che consiste nel guardare le caratteristiche di un sistema prima e dopo un evento; fa riconoscere che questa è la sequenza logica usata per studiare la combustione. Fa ricercare analogie e differenze tra combustioni attuate in diverse condizioni consolidando il modello e facendone riconoscere la valenza interpretativa. Estende il modello al fenomeno del metabolismo.*

## 1. Gioco del prima e del poi.

Presenta questi quattro sistemi considerati prima e dopo una trasformazione:

- La tavola apparecchiata all'ora del pranzo e la stessa dopo il pranzo
- Il parcheggio delle automobili della scuola mezz'ora prima o durante le lezioni
- Il piatto con i pezzetti di carta prima e dopo la combustione
- Il bicchiere con l'acqua di calce prima e dopo il contatto con l'anidride carbonica.

.....

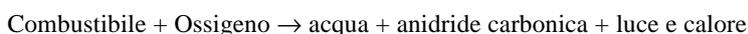
Chiede poi agli allievi che, lavorando in piccoli gruppi, visualizzino con dei disegni le trasformazioni indicando per ognuna la situazione iniziale e quella finale.

Infine chiede di rispondere individualmente, per scritto, alle seguenti domande:

- A. A cosa serve il “gioco del prima e del poi”?
- B. Perché con questo gioco hai dovuto fare due disegni per rappresentare ognuna delle quattro situazioni?
- C. Se la combustione della carta è una trasformazione che si esamina col gioco del prima e del poi, si può fare lo stesso anche con le altre combustioni ?

2. Lavoro di gruppo. L'insegnante consegna a ciascun gruppo due disegni che rappresentano due piccoli falò di identiche dimensioni ma diversi per l'aspetto del fuoco. Nel disegno A il fuoco è luminoso, si vedono le fiamme e le faville volano verso l'alto; nel disegno B la fiamma compare solo in qualche punto interno e dall'insieme si sviluppa un fumo nerastro.

A partire da questi diversi aspetti del fenomeno, si chiede di commentare le differenze in riferimento ai termini della notazione generale:



3. L'insegnante, procedendo per analogia, estende il modello della combustione al metabolismo attraverso una discussione guidata, seguita poi dalla stesura di una sintesi individuale

Per dare l'avvio alla discussione, pone alla classe le seguenti domande:

Se soffiassi con una cannuccia nell'acqua di calce? Emettiamo anche noi anidride carbonica?

Se sì, perché la produciamo?

L'insegnante spiega che anche dentro il nostro corpo avvengono delle combustioni

## RISULTATI ATTESI

Consapevolezza di possedere uno schema di ragionamento per padroneggiare in contesti diversi i concetti relativi alla combustione

## FASE E

## RICOSTRUZIONE (“CHE HAI FATTO E PERCHÉ”)

*L'insegnante coinvolge gli allievi in una riflessione sull'intero percorso cognitivo; promuove la rappresentazione del compito e la giustificazione delle strategie utilizzate*

## 1. Promuove discussione collettiva

Chiede poi di rispondere individualmente, per scritto, ad alcune domande del tipo:

“Quali difficoltà hai incontrato nelle attività che ti sono state proposte?”

“Ci sono delle informazioni che vorresti controllare per vedere se hai capito bene?”

## 2. L'insegnante pone delle domande del tipo:

- Che ipotesi avevi fatto quando, prima di fare gli esperimenti, avevamo discusso sul punto: “Il fuoco si spegne quando...”

- Completa ora questa frase ricordando quello che hai imparato.

- Prova a descrivere il procedimento che abbiamo seguito per vedere l'acqua che si forma durante la combustione della candela.

- Rifletti insieme a un/a tuo/a compagno/a sulle seguenti domande

In laboratorio abbiamo operato come i chimici quando fanno le analisi e abbiamo scoperto due sostanze nell'aria che contiene i prodotti della combustione: quali sono? Come abbiamo fatto? Abbiamo scoperto la presenza di queste sostanze

anche nell'aria che espiriamo: perché?

Confrontati con lui sulle somiglianze e differenze delle vostre opinioni.

- A cosa serve descrivere il sistema guardandone le caratteristiche prima e dopo un evento?

- Come rappresentiamo le trasformazioni?

- Come abbiamo rappresentato il fenomeno della combustione?

3. Chiede di descrivere la combustione del legno, della carta e del gas di cucina con i termini appropriati

4. Sottopone all'attenzione della classe due possibili proprietà della combustione:

Chiede agli studenti di argomentare sul fatto che la combustione sia una trasformazione spontanea, e irreversibile, portando prove e a sostegno

#### RISULTATI ATTESI

Consapevolezza dell'intera esperienza di apprendimento

#### FASE F

#### GENERALIZZAZIONE ("INVENTA UNA REGOLA")

*L'insegnante tramite attività diverse facilita la rielaborazione personale dell'apprendimento e la riflessione metacognitiva e coglie elementi per la valutazione*

1. Con riferimento al gioco del prima e del poi, l'insegnante propone un elenco di trasformazioni, fa indicare quali di queste siano combustioni, spiegare i motivi della scelta e invita a generalizzare lo schema.
2. L'insegnante impegna la classe in un "incident" dal titolo: "La prima sera al campo scout dei ragazzi di prima media".
3. L'insegnante orienta verso la salvaguardia dell'ambiente e della salute ponendo delle domande:  
Ripensando a ciò che sai, perché è importante arrieggiare spesso le stanze dove ci sono molte persone?  
Cosa pensi di quelle persone che bruciano immondizie all'aperto anziché inviarle negli appositi impianti di smaltimento?  
Perché in molti luoghi meta di gite, ci sono i cartelli con il divieto di accendere il fuoco?
4. L'insegnante propone la visione di alcune scene di film ( o la lettura di qualche pagina di un libro di avventure) nelle quali sia centrale la situazione di un bivacco intorno al fuoco e chiede agli allievi di descrivere e commentare tale situazione anche alla luce delle conoscenze acquisite durante il compito.
5. L'insegnante propone, come prova finale, le ripetizione di una attività sperimentale già svolta, relativa alla raccolta delle sostanze aeriformi prodotte dalla combustione della candela ed al loro gorgogliamento nell'acqua di calce.

*Nella prima parte, applicativa, chiede agli allievi di progettare l'esperimento*

- A. Disegnare in modo schematico, il piccolo apparato sperimentale
- B. Descrivere le operazioni seguendo l'ordine con cui devono essere compiute
- C. Svolgere l'esperimento,
- D. Rispondere alle domande
  1. Perché la candela si è spenta?
  2. Perché le sostanze prodotte dalla combustione non sono uscite dal recipiente rovesciato?
  3. Come sono state prelevate?
  4. Quale delle sostanze prelevate ha fatto diventare bianca l'acqua di calce?
  5. Quali di queste domande si spiegano facendo riferimento alla regola generale:  
 $\text{Combustibile} + \text{aria} \rightarrow \text{anidride carbonica} + \text{acqua} + \text{luce e calore}$

*Nella seconda parte, di analisi, chiede pone la domanda:*

6. Che relazione c'è fra il modello del prima e del poi e questo modo di spiegare ciò che avviene quando qualcosa prende fuoco?

#### RISULTATI ATTESI

Consapevolezza riflessiva dei propri prodotti e processi di apprendimento e capacità di utilizzarli in modo personale

#### LA VALUTAZIONE DELL'UNITA' DI APPRENDIMENTO "IL FENOMENO DELLA COMBUSTIONE" SECONDO IL MODELLO PER SOGLIE DI PADRONANZA

La valutazione deve essere rigorosamente coerente alla peculiare concezione dell'apprendimento che anima il modello di curriculum adottato.

Come abbiamo visto, il curriculum per soglie di padronanza si propone di promuovere negli allievi e di assicurare l'acquisizione di competenze e padronanze; ritiene che il loro sviluppo sia il risultato di processi che la mente umana attiva, quali il memorizzare, riorganizzare, trasferire modelli e procedure, discriminare, ricostruire, generalizzare e tanti altri ad essi sottesi,

del dispiegamento delle nostre emozioni che li pervadono, stimolano e sostengono, degli stimoli ambientali che favoriscono e generano un apprendimento significativo mettendo in atto particolari comportamenti e inducendo particolari risposte.

Da un particolare processo di apprendimento attivato deriva una particolare forma di competenza; se consideriamo tre delle competenze formulate in fase di progettazione del compito esperto “il fenomeno della combustione”:

- rilevare le proprietà caratteristiche che permettono di riconoscere i combustibili
- confrontare combustioni che avvengono in situazioni ambientali diverse per individuare fattori influenti sul sistema in trasformazione
- usare ricorsivamente e consapevolmente uno schema di ragionamento “stato iniziale-stato finale” per analizzare trasformazioni diverse

possiamo rilevare come la scrittura delle *competenze* sia tale da far trasparire i *processi* ad esse sottesi.

Attivare la prima comporta impegnare lo studente ad applicare ciò che gli è stato insegnato, a elaborare e contestualizzare regole, usare la seconda richiede il pensiero analogico, il ricercare e riconoscere analogie, rilevare differenze, discriminare; mettere in gioco la terza richiede consapevolezza, attribuzione di significato all'esperienza di apprendimento, riconoscere che il modello appreso non è circoscritto all'ambito originario ma applicabile in ambiti differenti.

Nel curriculum per soglie di padronanza la valutazione non viene considerata come un momento finale dell'attività didattica, ma un momento strettamente integrato all'apprendimento: accompagna la crescita cognitiva-metacognitiva – relazionale degli studenti nelle varie fasi.

Tutto questo implica l'ideazione di una varietà di attività e di pari passo la progettazione di un insieme articolato e regolare di prove preparate in modo da richiedere agli studenti di utilizzare processi più impegnativi e più elevati di pensiero una semplice applicazione, in cui non vengono, solo, coinvolti a ridire, riaffermare o replicare ciò che gli è stato insegnato, ma anche a portare a termine un lavoro di esplorazione e riflessione, a ristrutturare mappe cognitive, a riconoscere analogie, a discriminare, a produrre ipotesi per confermare o falsificare schemi, a riconoscere le procedure messe in atto nell'esecuzione di un compito, a scoprire problemi, trovare soluzioni originali, a dimostrare capacità di analisi e sintesi.

La valutazione, collocandosi all'interno delle attività didattiche, ottiene un flusso di dati continuo e analitico circa il modo in cui ciascun allievo procede nell'itinerario di apprendimento, può apprezzare l'abilità di utilizzare conoscenze e competenze nel loro maturare, può predisporre immediati interventi di recupero di carenze.

Raccoglie molte informazioni sui processi e sulle competenze con *osservazioni* regolari durante le attività e/o con la predisposizione di un insieme articolato di *prove* di verifica e fa questa fase per fase; la peculiarità della fase in cui vengono raccolte le informazioni mostrano caratteristiche diverse dello studente e delle sue competenze.

Ma in che modo rilevare che quel particolare processo di apprendimento è stato attivato per acquisire quella particolare competenza?

Valutare non significa solo accertare, ma soprattutto conoscere; conoscere modalità di atteggiamenti e processi messi in atto durante tutte le attività del percorso apprendimento-insegnamento.

Se si vuol conoscere una realtà complessa come il panorama cognitivo e metacognitivo che anima la mente dello studente, non si può pensare di “fotografarlo” nella sua interezza; quello che si può fare è cercare caratteristiche peculiari dei diversi comportamenti e processi di apprendimento, e/o caratteristiche peculiari delle modalità che consentono allo studente di mettere in atto quello specifico processo, degli *indicatori*, che permettano di esplorare i tratti che si ritengono salienti lasciando in ombra aspetti accessori, di interpretarli, descriverli, e rappresentarli.

Fra gli indicatori da noi scelti alcuni rappresentano le chiavi per svelare come l'alunno conosce, applica contestualizza una regola, una formula (organizzazione dei contenuti e metodi), attiva il pensiero analogico (capacità di fare analogie), analizza l'esperienza (profondità di analisi), ne è consapevole (consapevolezza riflessiva), le attribuisce significato, collabora con i compagni (interazione cognitiva), dimostra interesse e coinvolgimento (livello di attenzione), è motivato a capire e operare costruttivamente (attribuzione), altri sono riferibili a modalità con cui attualizzano un processo, quali autonomia, flessibilità, originalità.

Alla luce degli indicatori scelti, la competenza potrà essere descritta in modo da far cogliere le differenti modalità con cui può esprimersi sia sul piano qualitativo che quantitativo: si devono quindi costruire *descrittori* atti a far trasparire sia il “come” che il “quanto” l'alunno è competente, delineare le variazioni individuali con cui la competenza messa in atto si esprime. Non tutti gli studenti, si trovano, infatti, sulla stessa linea rispetto alle competenze previste, non tutti esprimeranno il “livello atteso”; queste “differenze individuali” non possono essere trascurate, i descrittori contestualizzati nei vari ambiti disciplinari devono riferirsi a livelli di comportamenti attendibili, prevedibili e osservabili degli studenti.

L'insieme di tutte le descrizioni raccolte andranno ad articolare il *profilo emergente* per competenze attraverso narrazioni e/o rappresentazioni.

Se è vero che il profilo emergente dello studente si compone prevalentemente di elementi derivanti da attività e una serie di verifiche e osservazioni di comportamenti, è necessario che ci si ponga il problema di analizzare sia attività, sia compiti proposti agli studenti considerando la coerenza fra le competenze da testare, i processi da sollecitare e le richieste, prevedendo comportamenti in modo da declinare le competenze in livelli.

Il lavoro fortemente complesso da compiere sui descrittori porta a rendere esplicito il livello raggiunto dalle competenze, facendo emergere i diversi modi con cui si manifestano nei particolari contesti di attività e prove realizzati per farle esperire, ed è un lavoro necessario dal momento che le certificazioni rilasciate non possono essere costituite da giudizi scarsamente significativi e, soprattutto scarsamente informativi delle concrete competenze acquisite dallo studente.

È alla luce di queste riflessioni che, relativamente all'Unità di Apprendimento “il fenomeno della combustione”, sono state analizzate una attività per ciascuna delle fasi di transfer, ricostruzione, generalizzazione e la parte prima di una prova prevista per la fase di generalizzazione che richiede applicazione di conoscenze e procedure. I risultati delle analisi vengono presentati con la serie di tabelle sottostanti.

Più attività sottoponiamo ad osservazione, più prove somministriamo per ognuno dei processi di apprendimento attivati tanto più le descrizioni dei profili per competenze possono diventare ricche e dettagliate, ma già limitandoci a queste quattro siamo in grado, combinandole, di tracciare profili significativi.

Ad esempio, il profilo di uno studente che abbia maturato le competenze previste, in questa Unità di Apprendimento, ai livelli massimi, riunendo i descrittori declinati nelle tabelle diventa questo:

*È consapevole che esistono molte sostanze che hanno la proprietà di bruciare quando vengono innescate; che esse costituiscono la categoria dei combustibili; che la combustione è una trasformazione nella quale il combustibile si combina con il comburente e si trasforma irreversibilmente in acqua (vapore) e anidride carbonica, con concomitante sviluppo di luce e calore.*

*Individua reagenti e prodotti della combustione dalle loro caratteristiche e/o attraverso saggi.*

*La conoscenza di questi contenuti e tecniche è tale da poter progettare un esperimento di combustione velocemente e consequenzialmente disegnando l'apparato ideato, di svolgerlo gestendo imprevisti e di descrivere correttamente le operazioni seguendo rigorosamente l'ordine con cui le ha compiute.*

*Analizza e confronta combustioni che avvengono in situazioni ambientali variate, individua rapidamente i fattori che influiscono su di esse rendendole fenomenologicamente diverse, riconoscendo con sicurezza che, al di là tutte le differenze percettibili, sono tutte rappresentabili con lo schema*



*Ricostruisce in sequenza logica le procedure usate per studiare la combustione, motiva la loro necessità di un loro uso, ne valuta i vantaggi; riconosce il la valenza interpretativa del modello “confronto stato iniziale-stato finale” per lo studio delle trasformazioni e offre validi elementi di riflessione sulla sua utilità per comprendere e gestire i cambiamenti. Nell'analizzare situazioni in cui è presente il fenomeno della combustione in un contesto ambientale nuovo e con molte variabili da considerare, è in grado di individuare rapidamente quelle significative; sceglie autonomamente fra le conoscenze apprese le più utili a rappresentarsi il problema, le elabora, riconduce i fatti allo schema di ragionamento “confronto tra stato iniziale-stato finale” e produce ipotesi risolutive immediate e efficaci.*

#### Un esempio di analisi della fase

**PADRONANZA:** Indagare le trasformazioni che avvengono nei sistemi reali ragionando in termini di *stato iniziale – stato finale* per descriverle e interpretarle

#### U.A.: Il fenomeno della combustione

**SOGLIA DI PADRONANZA:** L'allievo acquisterà la consapevolezza che esistono molte sostanze che hanno la proprietà di bruciare quando vengono innescate; che esse costituiscono la categoria dei combustibili; che la combustione è una trasformazione nella quale il combustibile si combina con il comburente e si trasforma irreversibilmente in acqua (vapore) e anidride carbonica, con concomitante sviluppo di luce e calore.

Acquisirà anche un nuovo metodo per lo studio delle trasformazioni, con riferimento ad uno specifico schema di ragionamento (confronto tra situazione iniziale e finale) destinato a rendere sempre più evoluto l'approccio ai sistemi reali.

Lo schema di ragionamento “prima e del poi” aiuta a comprendere e gestire i cambiamenti come ad esempio la combustione

#### 1. Analisi della prova sperimentale prevista per la fase di applicazione

Competenze	Processi	Indic.	Descrittori	L
Osservare e descrivere, proporre esperimenti relativi alla combustione	Applicazione	Organizzazione di contenuti e metodi	Ha una conoscenza dei contenuti e delle tecniche con le quali si studiano le combustioni tale da poter organizzare velocemente e consequenzialmente il lavoro in funzione dell'attività proposta, disegnando l'apparato ideato, compiendo l'esperimento, gestendo imprevisti e descrivendo correttamente le operazioni seguendo rigorosamente l'ordine con cui sono state compiute.	5
			Organizza il lavoro in funzione dell'attività proposta, disegnando l'apparato ideato, compiendo l'esperimento, chiedendo aiuto di fronte a imprevisti dando una descrizione adeguata delle operazioni effettuate.	4
			Organizza il lavoro in funzione dell'attività proposta, disegnando l'apparato ideato, compiendo l'esperimento, chiedendo aiuto di fronte a imprevisti, dando una descrizione parziale delle operazioni effettuate.	3
			Organizza il lavoro in funzione dell'attività proposta, disegnando l'apparato ideato, chiedendo aiuto durante l'esecuzione dell'esperimento, dando una descrizione scarna delle operazioni effettuate	2
			Riesce con difficoltà ad organizzare il lavoro in funzione dell'attività proposta, giungendo a qualche proposta parziale e frammentaria	1

## 2. Analisi dell'attività 2 prevista per la fase di transfer

Competenze	Processi	Indic.	Descrittori	L
Confrontare combustioni che avvengono in situazioni ambientali diverse per individuare fattori influenti sul sistema in trasformazione	Transfer	Capacità di fare analogie	Analizza e confronta combustioni che avvengono in situazioni ambientali variate, individua rapidamente i fattori che influiscono su di esse rendendole fenomenologicamente diverse, riconoscendo con sicurezza che, al di là tutte le differenze percettibili, sono tutte rappresentabili con lo schema "combustibile + ossigeno → acqua + anidride carbonica" Riconosce la valenza interpretativa del modello "stato iniziale-stato finale" per lo studio delle trasformazioni	5
			Analizza e confronta combustioni che avvengono in situazioni ambientali variate, individua alcuni fattori che influiscono su di esse rendendole fenomenologicamente diverse, riconoscendo che, al di là tutte le differenze percettibili, sono tutte rappresentabili con lo schema "combustibile + ossigeno → acqua + anidride carbonica". Riconosce la valenza interpretativa del modello "stato iniziale-stato finale" per lo studio delle trasformazioni	4
			Analizza e confronta combustioni che avvengono in situazioni ambientali variate, individua alcuni fattori che influiscono su di esse rendendole fenomenologicamente diverse, riconoscendo che, al di là tutte le differenze percettibili, sono tutte rappresentabili con lo schema "combustibile + ossigeno → acqua + anidride carbonica"	3
			Analizza e confronta combustioni che avvengono in situazioni ambientali, individua alcuni fattori che influiscono su di esse rendendole fenomenologicamente diverse; se guidato, riconosce che, al di là tutte le differenze percettibili, sono tutte rappresentabili con lo schema "combustibile + ossigeno → acqua + anidride carbonica"	2
			Riconosce elementi di differenza fra le modalità di combustioni proposte ma non riesce ad ottenere una visione complessiva dello schema	1

## 3. Analisi dell'attività 2 della fase di ricostruzione

Competenze	Processi	Indic.	Descrittori	L
Esporre seguendo una sequenza logica e spiegare le procedure e le strategie usate per studiare la combustione	Ricostruzione	Coerenza	Ricostruisce in sequenza logica le procedure usate per studiare la combustione, motiva la loro necessità di un loro uso, ne valuta i vantaggi; offre validi elementi di riflessione sull'utilità di usare il modello "stato iniziale- stato finale" per descrivere un evento.	5
			Ricostruisce in modo corretto le procedure usate per studiare la combustione, motiva la loro necessità di un loro uso, offrendo alcuni elementi di riflessione di riflessione sull'utilità di usare il modello "stato iniziale- stato finale" per descrivere un evento	4
			Ricostruisce in modo schematico le procedure usate per studiare la combustione, senza però offrire elementi di riflessione personale sull'utilità di usare il modello "stato iniziale- stato finale" per descrivere un evento.	3
			Ricostruisce le procedure usate per studiare la combustione omettendo alcuni passaggi che non compromettono del tutto la logica della sequenza	2
			Nella ricostruzione omette passaggi che compromettono la coerenza della sequenza delle procedure usate per studiare la combustione	1

## 4. Analisi dell' "incident": "La prima sera al campo scout dei ragazzi di prima media" per la fase generalizzazione

Competenze	Processi	Indic.	Descrittori	L
Ricondurre fatti, concetti o procedure relative al tema della combustione ad uno schema logico complessivo	Generalizzazione	Autonomia di scelta	Nell'analizzare la situazione in cui è presente il fenomeno della combustione in un contesto ambientale nuovo e con molte variabili da considerare, è in grado di individuare rapidamente quelle significative; sceglie autonomamente fra le conoscenze apprese le più utili a rappresentarsi il problema, le elabora, riconduce i fatti allo schema di ragionamento "stato iniziale-stato finale" e produce ipotesi risolutive immediate e efficaci. Comprende che lo schema è utile a gestire i cambiamenti come ad esempio la combustione	5
			Nell'analizzare la situazione in cui è presente il fenomeno della combustione in un contesto ambientale nuovo e con molte variabili da considerare, è in grado di individuare quelle significative; è in grado di scegliere autonomamente fra le conoscenze apprese le più utili a rappresentarsi il problema, le elabora, propone alcune azioni corrette per la soluzione.	4
			Nell'analizzare la situazione è in grado di individuare alcune variabili significative; elabora conoscenze apprese e propone alcune azioni corrette per la soluzione.	3
			Affronta l'analisi della situazione nuova solo se guidato passo passo, proponendo azioni per la soluzione non sempre significative	2
			Di fronte alla situazione fatica a distinguere aspetti significativi da quelli secondari.	1

# SCUOLE DI SPECIALIZZAZIONE PER L'INSEGNAMENTO SECONDARIO (SSIS): SUGGERIMENTI PER UNA DIDATTICA DEI CONCETTI SCIENTIFICI

Ermanno Niccoli

*e.niccoli@tiscali.it*

## 1. Premessa

## 2. Costruttivismo e didattica

### 2.1 Il costruttivismo: uno spartiacque tra insegnamento e apprendimento

### 2.2 Note sul costruttivismo

### 2.3 Il costruttivismo nella didattica

## 3. L'apprendimento

### 3.1 L'interpretazione psicologica dell'apprendimento

### 3.2 Alcune teorie costruttiviste dell'apprendimento

### 3.3 I suggerimenti piagetiani

### 3.4 Qualche riflessione sulla natura delle immagini mentali

### 3.5 Le operazioni mentali

### 3.6 Operazioni concrete e operazioni formali nell'ambito chimico

## 4. L'insegnamento

### 4.1 Le rappresentazioni scientifiche dei concetti

### 4.2 Le rappresentazioni didattiche dei concetti

### 4.3 Rappresentazioni didattiche di concetti chimici

### 4.4 Insegnamento tra efficienza ed efficacia

### 4.5 Affettività e didattica attiva

### 4.6 Richiamo ad alcune idee di Bruner

### 4.7 Come organizzare la didattica attiva

### 4.8 Note sulla dinamica di gruppo

### 4.9 Note sulle mappe concettuali

## 1. Premessa

Le lezioni tenute alla SISS e alla Scuola Estiva di Chimica di Pisa, unitamente alla collaborazione costante con CnS, hanno rappresentato i tre punti di riferimento attorno ai quali ho cercato di sviluppare la mia riflessione.

Il tentativo che sto portando avanti è quello di tradurre l'abbondante materiale didattico e pedagogico esistente in atti concreti di insegnamento. Lo scollamento presente in molte SSIS tra i contenuti dell'Area 1 ed i contenuti delle altre aree mi sembra un fatto particolarmente negativo, ho quindi voluto tentare un non facile lavoro di ricucitura.

Questa mia esigenza viene da lontano infatti un tentativo per molti versi analogo era già iniziato molti anni fa quando, basandomi su alcune ricerche svolte negli Stati Uniti avevo cercato di capire se le teorie di Piaget potevano servire agli insegnanti di chimica.

Allora avevo proceduto per così dire a singhiozzo e con meno esperienza, ora vorrei tentare di procedere, per quanto mi permette la mia limitata cultura pedagogica, in maniera più sistematica.

I risultati di questo sforzo si sono tradotti in una serie di mie lezioni alla SSIS Toscana di Pisa.

La prima difficoltà incontrata è data dal fatto che le varie teorie pedagogiche, se assunte in una ottica epistemologica, sembrano escludersi a vicenda o meglio sembrano ignorarsi come se procedessero su piani paralleli. Tuttavia le stesse teorie, se filtrate attraverso l'artigiana fatica dell'insegnamento quotidiano cioè se reinterpretate sul campo, mostrano significativi punti di coincidenza.

Le più accreditate teorie, nonostante che in alcuni punti sembrano elidersi a vicenda, differiscono spesso per il linguaggio fortemente convenzionale, per il particolare punto di osservazione assunto o per il fatto di enfatizzare maggiormente un aspetto piuttosto che ad un altro. Volendo ricorrere ad una similitudine è come descrivere un paesaggio dopo averlo osservato dal monte, dalla pianura, dall'aereo, di giorno o di notte: le descrizioni sembrano non coincidere, ma l'osservatore può attraverso una sintesi mentale comprendere la complementarietà dei vari punti di vista.

L'apprendimento e l'insegnamento si configurano come processi estremamente complessi la cui descrizione è tanto più difficile in quanto noi ed i nostri compagni di ventura, cioè gli alunni, facciamo parte dei processi stessi. Ma proprio il fatto di essere immersi nell'apprendere e nell'insegnare ci permette di intravedere quanto possano essere correlabili sul piano operativo le varie teorie cognitive; altri hanno tentato con più competenza di me di battere la strada della didattica disciplinare, cioè di utilizzare dette teorie nell'insegnamento delle discipline<sup>1</sup>: essi mi hanno fatto capire quanto sia faticoso il progredire in questa direzione.

Un poco empiricamente ho proceduto nel seguente modo: ho cercato di coordinare tra loro le conoscenze di cui ero in possesso, di valorizzare le informazioni che mi risultavano dalla mia personale esperienza didattica, di recuperare i suggerimenti dei ricercatori sopra citati.

Questo sforzo di sintesi è probabile che mi abbia portato a forzare un poco la visione dei vari autori tuttavia mi è parso di non perdere il filo conduttore che univa, seppure visto in filigrana, le varie teorie con le mie esperienze pregresse.

Fondamentali sono risultati la lettura di un'opera di Aebli ed alcuni approfondimenti sul costruttivismo e il costante riferimento alle teorie di Piaget.

Mi è apparso subito chiaro che il docente deve partire dall'autonomia del discente e modulare il suo intervento di conseguenza, soprattutto deve focalizzare che insegnamento e apprendimento sono due processi ben distinti ma interagenti, due processi che si alimentano a vicenda sul piano cognitivo, motivazionale e contenutistico.

Nella presente relazione i due aspetti vengono trattati in una certa misura separatamente salvo poi tentare di chiarire il complesso intreccio che li lega.

## 2. Costruttivismo e didattica

### 2.1 Il costruttivismo: uno spartiacque tra insegnamento e apprendimento

Nella scuola italiana, se si prescinde dagli insegnanti che svolgono il loro lavoro in maniera piuttosto artigianale, si possono individuare due tipi di docenti, ambedue validi.

Ci sono docenti, pochi per la verità, che avvertono la necessità di operare entro un quadro teorico di riferimento, hanno coscienza del fatto che l'insegnamento rappresenta una fonte informativa, uno stimolo e soprattutto una struttura di supporto all'apprendimento. Essi conoscono le varie teorie sulla ricerca scientifica, sullo sviluppo cognitivo e sugli aspetti psicologici dell'insegnamento ma faticano a tradurre il tutto in prassi didattica.

Ci sono poi docenti, più numerosi dei primi, che operano come se i loro alunni fossero degli ascoltatori più o meno ben disposti, non sempre e non totalmente passivi. Essi non sono professionalmente ingenui per cui si rendono conto di essere condizionati dai numerosi fattori che agiscono sul contesto scolastico, tuttavia non sono culturalmente attrezzati per affrontare il problema da un punto di vista teorico e preferiscono affidarsi ad una consolidata tradizione.

I docenti di ambedue le categorie cadono spesso nell'errore di non distinguere a sufficienza tra insegnamento e apprendimento, come se fossero di fronte ad un unico processo sincreticamente indicato come "insegnamento/apprendimento" o talvolta più blandamente come "insegnamento e/o apprendimento".

In questi casi si presuppone che l'insegnamento e l'apprendimento siano così interconnessi per cui la realizzazione di uno comporta automaticamente l'effettuazione dell'altro.

La filosofia sottesa a questo modo di esprimersi vede nel docente una figura egemone e prevalente ma se questo è in parte vero da un punto di vista operativo, non lo è sempre da un punto di vista psicologico.

Nella prima metà degli anni ottanta coloro che si occupavano di didattica, hanno preso coscienza del fatto che la trasmissione del sapere sottostava a precisi condizionamenti, efficacemente espressi dalla teoria del costruttivismo<sup>2,3</sup>

Questa teoria che in realtà riguarderebbe ogni forma di apprendimento e quindi *tout court* ogni forma di comunicazione, acquista particolare pregnanza in un contesto didattico.

Quindi il costruttivismo scolasticamente inteso, investe direttamente il problema della comunicazione da docente a discente cioè il cuore del rapporto didattico anche se gli articoli sul costruttivismo spesso si allargano ad altri argomenti comprendendo ad esempio considerazioni a carattere pedagogico generale, filosofico e epistemologico.

Il costruttivismo in tutte le sue definizioni riporta l'asserzione *che la conoscenza non passa invariata dal docente al discente ma viene ricostruita nella propria mente dal discente stesso*. Se ne possono trarre alcune deduzioni di interesse didattico, prima fra tutte l'abbandono di ogni illusione su di una meccanica trasmissione della conoscenza.

In ambito didattico il costruttivismo assume una pregnanza di significati particolare in quanto *"fare didattica" significa guidare, sostenere e alimentare il processo di costruzione della conoscenza da parte del discente*.

La visione dell'apprendimento sulla quale si basa la didattica tradizionale, di fatto si fonda sull'assunto che la nostra mente contenga delle immagini, che queste rappresentino in qualche modo la realtà e di conseguenza che la conoscenza sia

<sup>1</sup> Mi riferisco a ricercatori come Hans Aebli, Graziano Cavallini e Paolo Guidoni e lo stesso Bruner. Essi non fanno specificatamente riferimento alla chimica, ma alla didattica di discipline sperimentali largamente affini.

<sup>2</sup> "Piaget, Constructivism, and Beyond" Online Symposium ([HTTP://jchemed.chem.wisc.edu/costruttivismoedu/Journal/Issues/2001/Aug](http://jchemed.chem.wisc.edu/costruttivismoedu/Journal/Issues/2001/Aug))

<sup>3</sup> E. Niccoli, "La Chimica nella Scuola-CnS", 2003, 2, 43

valutabile in termini di vero o di falso: sarà vera se l'immagine che abbiamo in mente consiste in una copia fedele della realtà.

Nella didattica tradizionale le lezioni del docente, le esercitazioni di laboratorio ed ogni altro metodo hanno il compito di trasferire queste immagini dal docente al discente, trovandosi quest'ultimo in una posizione di ricezione più o meno passiva. Gli esami consistono nel verificare se quanto appreso dal discente corrisponda a ciò che ha esposto il docente. Da un punto di vista costruttivista viceversa la conoscenza è *recuperata ad opera del discente a partire dalle affermazioni del docente, con un continuo processo di costruzione e controllo*. Naturalmente lo studente non è libero di costruire una conoscenza qualsiasi, infatti questa conoscenza deve "essere fruibile" ossia deve "funzionare" nella realtà.

Quindi il costruttivismo traccia una linea netta di distinzione tra il processo di insegnamento ed il processo di apprendimento, tra l'azione del docente e quella del discente

## 2.2 Note sul costruttivismo<sup>1,2,4</sup>

Piaget è uno dei fondatori del costruttivismo, infatti le sue teorie si caratterizzano per una molteplicità di aspetti costruttivistici, egli tuttavia non si sofferma mai a indicare in che cosa consista il suo costruttivismo da un punto di vista epistemologico. Più recentemente Bodner, Klobuchar e Geelan, hanno osservato che il costruttivismo in tutte le sue definizioni si basa sull'asserzione che *la conoscenza non passa invariata dal docente al discente ma viene ricostruita nella propria mente dal discente stesso* (qualcuno indugia a specificare che la conoscenza "raramente" passa invariata dalla mente del docente a quella del discente).

E. von Glasersfeld afferma che la conoscenza deve adattarsi alla realtà così come una chiave si adatta alla serratura, tenendo però presente che possono esistere chiavi diverse capaci di aprire la stessa serratura.

Bodner, Klobuchar e Geelan nella loro carrellata sul costruttivismo mostrano come sotto questa etichetta si trovino definizioni in parte diverse.

Il principio per cui la conoscenza viene costruita dal discente, rientra nella visione sostenuta fino dal 1986 da Bodner stesso e prende il nome di *costruttivismo personale*. Questa teoria essendo direttamente ispirata alla psicologia di Piaget, si fonda sul meccanismo dell'assimilazione e dell'accomodamento.

Una corrente di pensiero più radicale, detta appunto del costruttivismo radicale, che fa capo a von Glasersfeld, afferma che *la conoscenza non passa mai intatta dalla mente del docente a quella del discente* e sottolinea che scopo della conoscenza da parte del discente è quello di organizzare le proprie esperienze sul mondo e di assegnare loro dei significati.

In letteratura si trovano poi altre definizioni che prendono in considerazione ad esempio l'influenza, positiva o negativa, che la società esercita nella costruzione della conoscenza. In prima grossolana approssimazione, si può pensare che queste si pongano rispetto alla definizione di base come la teoria di Vygotskij si pone rispetto a quella di Piaget.

Tra le teorie suddette abbiamo il *costruttivismo sociale* introdotto da Joan Solomon, il quale accetta l'idea che la conoscenza sia costruita dall'individuo, ma pensa che la teoria debba inglobare l'influenza che il ruolo sociale ha sull'individuo stesso. Una variante del costruttivismo sociale è data dal *costruttivismo critico* di Taylor: questa teoria combina il costruttivismo sociale con un modello teorico che spiega in quale modo il processo di insegnamento ed apprendimento è socialmente organizzato; Taylor esamina le difficoltà che si devono superare per predisporre un contesto costruttivista in classe.

Il *costruttivismo contestuale* di Cobern infine considera come centrali l'influenza dell'ambiente culturale sulla visione del mondo e lo sviluppo delle idee.

Ci sono poi voci dissonanti come quella di Gergen che si discosta con la sua teoria dal costruttivismo classico, rifiuta le ipotesi di partenza del costruttivismo, sostiene che la conoscenza di cui è portatore ogni individuo, è esclusivamente una costruzione sociale; egli focalizza la sua attenzione sulla funzione del linguaggio e usa per indicare la sua definizione i termini *costruzionismo sociale*.

Si deve a questo punto sottolineare che quando si prende in considerazione una teoria con l'intento di utilizzarla in ambito didattico è buona norma esaminare prima gli aspetti epistemologici e quindi quelli pedagogici in quanto i primi hanno una valenza normativa ed i secondi soprattutto una valenza metodologica. L'epistemologia costruttivista è inevitabilmente ristretta ma se ne possono trarre suggerimenti per un corretto atteggiamento mentale sia del ricercatore che del docente.

Osborne nella sua rassegna prova a distillare una serie di osservazioni a carattere epistemologico. A partire dalle due posizioni più nettamente definite che sono quelle relative al costruttivismo radicale ed al costruttivismo sociale, si afferma che la conoscenza non consiste in una pura e semplice rappresentazione oggettiva della realtà, la conoscenza esiste solamente nella mente di chi la "costruisce" e quindi non possiamo concepire una conoscenza senza un conoscente.

Le teorie non sono entità che popolano il mondo ma invenzioni che si sovrappongono al mondo dei fenomeni e gli oggetti della scienza non sono in un certo senso fenomeni della natura ma costrutti avanzati dalla comunità scientifica per poter interpretare i fenomeni della natura.

Il costruttivismo non ha la capacità di predire se una certa teoria sarà "vera", ma deve essere appurato se la teoria è in accordo con l'esperienza, se è attuabile e comunque se può essere verificata da parte del singolo e della collettività.

## 2.3 Il costruttivismo nella didattica<sup>2</sup>

Con buona pace delle mode, sembra che guardare al costruttivismo come ad una vera teoria sia per certi versi eccessivo ma è indubbio che rivesta un certa importanza, per alcuni non trascurabili motivi ai quali in parte si è già accennato:

◊ il costruttivismo consiste in poche asserzioni dalle quali discendono conseguenze didattiche importanti, che rendono ragione della complessità dei processi di apprendimento;

◊ le principali teorie relative alle scienze cognitive hanno carattere costruttivista;

<sup>4</sup> J. F. Osborne, Science Education, **80**, 52 (1996)

- ◇ sembra di poter dire che i fondamenti dai quali scaturisce il costruttivismo non siano specifici della didattica ma rientrino in un ben più ampio ambito di problemi riguardanti la comunicazione umana e la formazione della cultura;
- ◇ in didattica ignorare il costruttivismo significherebbe lasciare che tutto proceda in modo usuale e rassegnarsi a metodi di insegnamento empirici, senza consapevolezza alcuna di ciò che si sta facendo;
- ◇ analogamente a quanto avviene con le ipotesi scientifiche, la verifica dell'apprendimento da un punto di vista costruttivista ci dirà se funziona o meno ossia se è applicabile alla soluzioni di problemi.
- ◇ una conseguenza del costruttivismo è che la conoscenza, essendo frutto di una attività costruttiva, non può essere trasmessa ad un discente passivo.

Il costruttivismo ha il pregio di sottolineare l'autonomia funzionale del discente, che troverà il suo massimo punto di arrivo nella presa di coscienza dei propri processi (metacognizione), e costringe il docente a riflettere su di una serie di questioni riguardanti il relativismo della comunicazione didattica e la rappresentazione mentale dei concetti.

Da un punto di vista pratico il costruttivismo cerca di rispondere ad una questione posta da Herron, quando afferma che *insegnamento e apprendimento non sono sinonimi in quanto un docente può insegnare nel migliore dei modi senza che si verifichi alcun apprendimento*.

Rosalind Driver identifica l'insegnante che ha adottato la dottrina costruttivista, dai seguenti comportamenti:

- ◇ esamina le parole utilizzate dagli studenti per accertarsi che le stesse parole vengano usate per descrivere gli stessi fenomeni;
- ◇ insiste perché gli studenti non usino parole e rappresentazioni senza spiegarle;
- ◇ incoraggia gli studenti a riflettere sulle risposte date come parte essenziale dell'apprendimento.

Quindi l'effetto più vistoso del costruttivismo è di modificare rapidamente l'atteggiamento del docente e nel contempo di valorizzarne la funzione: la docenza non consiste più in una recitazione di concetti che può degenerare in un frustrante soliloquio, ma in una operazione consapevole e complessa dove la comunicazione didattica è una vera e propria offerta culturale, dove il dialogo e gli stimoli intellettuali mirati si alternano all'ascolto.

Il costruttivismo è nato come contesto delle più importanti teorie cognitive per essere poi mediato ad uso della didattica, da questo punto di vista sono più significative le considerazioni di natura psicologica che non quelle di natura epistemologica. È quindi utile rileggerlo alla luce delle teorie sullo sviluppo cognitivo, teorie che gettano una grande luce su ciò che si cela dietro l'etichetta costruttivista.

Una contraddizione che mi sembra di poter cogliere nelle riflessioni sul costruttivismo, è che vengano sottolineate soprattutto le problematiche relative alla comunicazione da docente a discente e non viceversa. Nelle remore dell'attività didattica il docente ha modo di ricevere sotto forma di dati di ritorno informazioni su ciò che lui sta facendo e sull'efficienza del suo operato oltre che sulla operatività mentale del discente

In altre parole il processo è sempre bidirezionale e la comunicazione è una sorta di equilibrizzazione tra i due interlocutori, in modo che l'uno capisca la mente dell'altro (Bruner). In altre parole insegnando anche l'insegnante "costruisce".

Per quanto possiamo percepire esiste tra i due interlocutori un salto di continuità; ciò rende la comunicazione non sempre prevedibile e per certi versi misteriosamente complessa; s'intuisce che questa discontinuità viene "bypassata" dal linguaggio o meglio dal fatto di possedere un linguaggio che è comune ma che ognuno usa in modo personale. La comunicazione comunque ha luogo e, seppure con alcuni limiti, si traduce in apprendimento.

Volendo ricorrere a delle metafore si può dire che a somiglianza del linguaggio informatico il pensiero di ogni persona ha un suo "formato" e che la comunicazione nei due sensi deve passare attraverso dei "traduttori" ma che la traduzione modifica in parte i "file" della comunicazione.

### 3. L'apprendimento

#### 3.1 L'interpretazione psicologica dell'apprendimento<sup>5</sup>

La didattica tradizionale, alla quale abbiamo fatto cenno, ha le sue radici nel secolo XIX, essa viene percepita come la forma più "naturale" della didattica in quanto basata sulla percezione dei sensi: per questo viene detta "sensualista-empirista".

Come reazione alla teoria sensualista-empirista all'inizio del XX secolo si ebbero numerose correnti di pensiero.

La teoria di W. A. Lay, peraltro molto vicina al metodo tradizionale, prevede una reazione psicologica fondamentale che comporta tre momenti: l'impressione, l'elaborazione e l'espressione. L'impressione secondo questo autore non consiste in una semplice "fotografia" interiore ma è costituita da una sorta di reazione alla sollecitazione da parte di tutto l'organismo. L'elaborazione a sua volta si sviluppa e si perfeziona proprio nel momento di esprimere il concetto, ossia senza l'espressione sia l'impressione che l'elaborazione rimangono indefinite.

La visione di J. Dewey si colloca decisamente su di un versante differente, egli vede l'interazione con la realtà materiale non come un impatto passivo ma come un intervento attivo del soggetto sull'ambiente, intervento che rappresenta il momento centrale della sua azione adattatrice all'ambiente stesso.

In altre parole l'operazione intellettuale è finalizzata a spiegare una certa azione sull'ambiente, per risolvere un determinato problema.

Egli distingue cinque diversi momenti dell'azione intellettuale:

- ◇ la percezione di una difficoltà;
- ◇ la sua determinazione e definizione.
- ◇ l'ipotesi di una possibile soluzione;
- ◇ lo sviluppo attraverso il ragionamento delle conseguenze dell'ipotesi;

<sup>5</sup> H. Aebli, "Didattica psicologica", Giunti Barbera, Firenze, 1964

◇ l'ulteriore sperimentazione che dovrebbe condurre all'accettazione o meno dell'ipotesi.

Come si può facilmente rilevare queste tappe coincidono di fatto con i vari momenti della procedura scientifica.

In un certo senso Dewey quando si riferisce al pensiero scientifico evita ogni riferimento all'intuizione, tuttavia in una ricerca a parte (*How we think*) egli si addentra nei meccanismi profondi dell'apprendimento e della formazione del pensiero.

Simile al pensiero di Dewey è quello di Claparède.

Anche in questo caso l'apprendimento serve per cercare un nuovo equilibrio nel rapporto con l'ambiente dopo che qualche modificazione lo ha alterato. Quindi il pensiero e la conoscenza hanno la funzione di controllare e preparare l'azione: il pensiero è strumento dell'azione.

Una differenza rilevabile tra Claparède e Dewey è che il primo indica l'insegnamento come strumento capace di rispondere ai bisogni del discente mentre il secondo si concentra sui rapporti tra insegnamento teorico ed azione pratica.

Al contrario della didattica tradizionale, la didattica di Dewey è diretta ad orientare l'azione (spontanea) del discente. Egli tra l'altro sottolinea l'importanza nell'insegnamento dello sviluppo di attività pratiche per la loro funzione nella formazione intellettuale. Egli anticipa i tempi ed è di una straordinaria modernità.

Analoghe le tappe didattiche le troviamo in Claparède che sottolinea essere l'acquisizione delle conoscenze avanti tutto la soddisfazione di un bisogno. Rimane aperto l'interrogativo, fondamentale per la didattica, su come inculcare certi stimoli, su come stimolare interessi e bisogni.

L'orientamento comune di Dewey, di Claparède e di altri psicologi ancora come P. W. Bridgman è che il pensiero e la formazione delle idee sono riconducibili a gruppi di operazioni mentali da eseguire o già eseguite. Questo punto di vista verrà più tardi sviluppato da J. Piaget, vale a dire il pensiero che rappresenta l'attività operatoria della mente.

Come appare chiaro dai cenni sopra riportati, con il progresso degli studi che mirano a chiarire le modalità dell'apprendimento al di là delle più sofisticate tecniche trasmissive è necessario affinché si verifichi l'apprendimento che lo studente sia motivato ad apprendere. Molti insegnanti hanno avvertito questa verità, tuttavia hanno finito per illudersi circa la forza persuasiva della loro parola. Viceversa il legame che tiene lo studente avvinto alla parola del docente, è quanto mai labile. Riprendendo quanto detto prima, con il passare degli anni gli psicologi si sono sempre più orientati verso la cosiddetta "didattica attiva", convinti che solamente coinvolgendo e motivando a fondo lo studente tramite attività varie ed interessanti riguardanti la disciplina, avrebbero realizzato una didattica produttiva.

Come è stato detto questa autonomia dello studente nell'atto dell'apprendere ha ricevuto una sua codificazione con le teorie del costruttivismo. Come vedremo in seguito tutte le maggiori teorie sull'apprendimento e sul contestuale sviluppo cognitivo sono implicitamente o esplicitamente costruttiviste, non fosse altro che per il fatto di operare fuori dell'alveo sia dell'innatismo sia dell'empirismo.

### 3.2 Alcune teorie "costruttiviste" dell'apprendimento<sup>2</sup>

Anche senza ricorrere al ripescaggio di Giambattista Vico, come fa in modo quasi provocatorio qualche autore, è senz'altro utile rileggere in chiave costruttivista psicologi come Piaget, Vygotskij e Bruner e altri.

Piaget è stato indubbiamente la voce più importante del costruttivismo che egli chiama "costruttivismo psicogenetico", e le sue teorie si caratterizzano addirittura per una molteplicità di aspetti costruttivistici.

L'ipotesi, da lui formulata nel 1970, stabilisce che *nessuna conoscenza umana, salvo si intende le poche strutture ereditarie elementari, è preformata ma viene "costruita" dal soggetto* sia che si tratti di strutture riguardanti il soggetto stesso (strutture operatorie) sia che si tratti di strutture riguardanti l'oggetto del conoscere (modelli e rappresentazioni).

Come affermano Bocchi e Ceruti<sup>6</sup>, Piaget ha sempre qualificato la sua concezione epistemologica con l'attributo "costruttivista" e l'ha intesa, nel modo più generale, come la ricerca di una terza via rispetto alle posizioni dell'innatismo e quelle dell'empirismo che hanno a lungo dominato il dibattito scientifico ed epistemologico.

Non si può quindi disconoscere il ruolo che le teorie piagetiane giocano nel contesto costruttivista, non a caso il costruttivismo personale viene anche indicato con il nome di "costruttivismo piagetiano".

In una recente pubblicazione italiana<sup>7</sup> si guarda a Piaget, Vygotskij e Bruner come ai tre pilastri fondamentali del costruttivismo, in quanto maggiori protagonisti della psicologia cognitivista del nostro secolo. Essi sono stati esaminati a confronto in un contesto ben più ampio della presente esposizione. Piaget indaga le strategie che il soggetto mette in atto per erigere la costruzione delle sue conoscenze: l'autonomia del soggetto in Piaget è scontata.

La Nurrenbern<sup>8</sup> suggerisce di leggere le varie fasi dello sviluppo con una certa elasticità, specialmente per quanto riguarda le età corrispondenti ai vari stadi, ma assieme a Bodner rimarca l'importanza delle strutture e delle funzioni cognitive, postulate da Piaget e del processo di equilibrizzazione, che nella costruzione della conoscenza e nella maturazione della mente si realizza attraverso l'assimilazione e l'accomodamento.

Tutto ciò ha un grande interesse per gli insegnanti in quanto, mentre descrive i meccanismi di apprendimento, Piaget presuppone certe modalità di intervento le quali potrebbero suggerire vere e proprie strategie didattiche.

Vygotskij pur senza mettere in discussione l'autonomia del discente, sostiene la relatività culturale dell'uomo e la genesi sociale della cultura attraverso lo strumento fondamentale del linguaggio.

Piaget e Vygotskij sono diversi per molti aspetti: Piaget riconosce il ruolo fondamentale delle operazioni di tipo logico nell'attività mentale del soggetto che costruisce la sua conoscenza; Vygotskij attribuisce il potere intellettuale dell'individuo alla sua capacità di appropriarsi della cultura e della storia dell'uomo, il potere intellettuale viene affinato dall'impiego di

110 <sup>6</sup> G. Bocchi, M. Ceruti, "Disordine e costruzione", Feltrinelli Ed., Milano, 1981

<sup>7</sup> O. Liverta Sempio (a cura di), "Vygotsky, Piaget, Bruner: concezioni sullo sviluppo", Cortina Ed., (1998)

<sup>8</sup> S. C. Nurrenbern, J. Chem. Ed., 78, 1107, 2001

quegli strumenti concettuali che la società gli offre. In ambedue i casi non viene meno il concetto che la conoscenza è una costruzione dell'individuo.

Bruner, il maggior psicologo cognitivo vivente che in parte si è formato sugli studi di Piaget e Vygotskij, ha elaborato la sua attuale "teoria della mente" la quale prevede che il soggetto in evola attraverso un intreccio tra azione e coscienza e che così facendo, acquisisca gradualmente la comprensione della mente propria ed altrui.

Bruner sostiene che esistono due modi di conoscere, uno di tipo "sintagmatico" (narrativo e interpretativo) ed un altro di tipo "paradigmatico" (logico-scientifico), in questo modo egli tenta una visione unificante delle teorie di Piaget e Vygotskij. Anch'egli si colloca consapevolmente in un'ottica costruttivista.

Un cenno particolare meritano le teorie di Ausubel<sup>9</sup>. Queste teorie sono importanti da un punto di vista didattico in quanto analizzano da vicino le modalità di assimilazione dei concetti.

Il dato conoscitivo in un primo stadio può pervenire al discente in due modi cioè attraverso la pura e semplice "ricezione" e attraverso la "scoperta". In ambedue i casi il dato può essere inglobato in modo "meccanico", la qual cosa corrisponde ad una semplice memorizzazione, o in modo "significativo", dove il dato viene inglobato e posto in relazione alle conoscenze precedenti, modalità quest'ultima tipicamente costruttivista. Così facendo il soggetto prende coscienza del proprio apprendimento, atto di consapevolezza che rientra nella teoria della mente indicata da Bruner (metaconoscenza).

L'autore prevede tra ricezione e scoperta una continuità di passaggi per cui, anche se a prima vista sembra che la ricezione meccanica contraddica i principi del costruttivismo, in realtà si può pensare ad una "conoscenza parcheggiata" in attesa di venire assimilata in modo significativo.

Ogni dubbio sulla natura costruttivista della teoria di Ausubel cade leggendo l'epigrafe che si trova in apertura del suo libro – *Se dovessi condensare in un unico principio l'intera psicologia dell'educazione direi che il singolo fattore, più importante che influenza l'apprendimento, sono le conoscenze che lo studente già possiede....*–.

Parlando di costruttivismo non si può ovviamente trascurare la metafora implicita nella parola stessa, questa allude alla struttura cognitiva come ad una costruzione di concetti tenuti insieme dalle connessioni logiche a formare la struttura mentale. In questo senso esplicitamente costruttivista può essere considerato Novak, allievo di Ausubel; il quale con le sue "mappe concettuali" in definitiva fornisce una metafora della costruzione intellettuale.

Tuttavia la connotazione più esplicitamente costruttivista di Novak risiede ancora in un altro aspetto.

Il discente deve costruire la propria conoscenza a partire dalla lettura e dalla interpretazione di materiali che gli vengono offerti (modelli, rappresentazioni), è evidente che l'apprendimento fondamentale e primario consiste nell'imparare a "costruire". A questo, oltre che a raggiungere una forma di metaconoscenza, tende il metodo delle mappe concettuali, come denuncia esplicitamente il titolo dell'opera di Novak "Imparando ad imparare"<sup>10</sup>.

### 3.3 I suggerimenti "piagetiani"

Per cercare di capire qualcosa di più sull'apprendimento e per non muoverci alla cieca come comporterebbe una didattica puramente intuitiva ci riferiremo ad alcuni aspetti ispirati alle teorie di Jean Piaget, evitando però di entrare nel merito della loro complessa articolazione, cercando viceversa di estrarre alcuni elementi potenzialmente utili nella progettazione curricolare. Intanto sotto il profilo dell'apprendimento si devono considerare due importanti aspetti.

Quando noi ci raffiguriamo con il pensiero un concetto, richiamiamo alla mente una immagine detta per questo *immagine mentale*; il tutto avviene come se noi la disegnassimo interiormente. Tale disegno è una specie di segnale capace di evocare il concetto stesso ogni qualvolta noi lo vogliamo, su di esso noi possiamo compiere delle *operazioni mentali*.

Le operazioni mentali a loro volta rappresentano la capacità di compiere sulle immagini mentali delle trasformazioni come eseguire operazioni aritmetiche, geometriche e logiche, fare comparazioni e inversioni, stabilire proporzioni, generalizzare, analizzare, mettere in corrispondenza aspetti diversi ecc.. In altre parole le operazioni mentali consistono in quello che chiamiamo ragionamento scientifico che però non può essere esercitato sul nulla ma agisce appunto sulle immagini mentali. L'acquisizione di una nuova immagine mentale relativa a un oggetto o a un concetto non si limita ad essere una meccanica "fotografia interiore", ma il fatto di analizzare il concetto, di farci sopra delle congetture, detto con parole semplici, il fatto di "pensarci su" permette di conoscere il concetto più profondamente che non attraverso la lettura di una semplice definizione, la visione di una figura o l'ascolto di una lezione.

Questo aspetto di parziale prima interiorizzazione dei concetti viene indicato con il nome di processo di *assimilazione*.

Come si può intuire, assimilare nuove immagini mentali rappresenta un aspetto fondamentale non solo dell'apprendimento ma anche del pensiero scientifico.

Le immagini mentali così assimilate sono molto più solidamente trattenute delle immagini mnemoniche e possono essere rievocate ogni volta che se ne presenti la necessità, ma i singoli concetti, ancorché assimilati, se rimangono isolati nella mente, possono avere nella mente una persistenza relativa. Se viceversa un concetto entra a fare parte di una rete di concetti collegati tra loro, viene trattenuto molto più saldamente e viene rievocato molto più facilmente.

Il collegamento delle nuove acquisizioni alle acquisizioni preesistenti viene detto processo di *accomodamento*.

In base a questo processo le nuove conoscenze entrano a fare parte di un sistema complesso di relazioni che formano la rete cognitiva dell'individuo. Il processo di accomodamento sottolinea se ce ne fosse bisogno l'importanza dei prerequisiti. Riepilogando, possiamo individuare tre differenti livelli di apprendimento di un concetto: il primo livello è dato dall'acquisizione del concetto stesso (memorizzazione), una sorta di apprendimento meccanico peraltro indispensabile, il secondo livello vede un maggiore padroneggiamento del concetto grazie la riflessione e l'elaborazione mentale (assimilazione), infine il terzo livello vede il concetto entrare a fare parte in modo organico delle conoscenze complessive del discente (accomodamento).

<sup>9</sup> D. P. Ausubel, "Educazione e processi cognitivi", Franco Angeli Ed., Milano, 1978

<sup>10</sup> J. D. Novak, D. B. Gowin, "Imparando a imparare", SEI, Torino, 1995

Lo studente ha in via di ipotesi un più facile accesso ai processi di cui sopra proprio attraverso una “didattica attiva” cioè una *didattica organizzata in modo tale per cui lo studente viene coinvolto, sollecitato e motivato a compiere in prima persona le operazioni di cui sopra.*

Vediamo ora di confrontare *nel caso di studenti in difficoltà* i risultati di una didattica puramente trasmissiva con quelli di una didattica attiva. Come già è stato detto, mentre gli apprendimenti conseguiti in modo attivo e partecipe tendono a collegarsi gli uni agli altri, formando sistemi logici molto potenti nel risolvere i problemi, gli apprendimenti mnemonici rimangono isolati, hanno campi di applicazione limitati, possono essere facilmente dimenticati a meno di rientrare in collegamenti artificiali come avviene per le filastrocche.

*Diciamo inoltre che quanto appreso in modo puramente ricettivo manca di flessibilità e viene utilizzato solamente nelle condizioni stereotipate nelle quali sono state apprese le regole o in condizioni scolastiche strettamente codificate.*

Banalizzando, facciamo un esempio molto elementare: ad uno studente che abbia imparato a calcolare il perimetro e l'area di quadrilateri, viene posto il seguente problema: due rettangoli diversi corrispondono a due campi di grano, vogliamo stabilire quale dei due produce più grano.

Se lo studente ha imparato mnemonicamente le regolette di calcolo, può trovare difficoltà anche a risolvere questo semplice problema perché magari inizia i suoi tentativi partendo dal calcolo del perimetro, chi invece ha bene interiorizzato il concetto di superficie ed ha già risolto problemi simili, stabilirà un rapporto di proporzionalità tra superficie e produzione e facilmente troverà la soluzione.

Quindi a fronte della *stereotipia dell'apprendimento mnemonico abbiamo la flessibilità dell'apprendimento attivo.*

Un'altra differenza tra apprendimento attivo e apprendimento ricettivo è che il primo è reversibile ed il secondo no. Ad esempio, rifacendoci sempre al precedente tipo di problema, supponiamo che venga data la produzione dei due campi e supponiamo che si voglia calcolare il rapporto tra le due superfici, il problema viene risolto da coloro che hanno imparato a manovrare mentalmente superfici di figure diverse, *sanno ripercorrere il ragionamento all'indietro* e, rovesciando il ragionamento precedente, si rendono conto che il rapporto tra le due produzioni corrisponde al rapporto tra le due superfici.

Chi ha imparato semplicemente le regole di calcolo non trova la soluzione in quanto *l'apprendimento mnemonico è irreversibile, è sempre diretto nello stesso senso, cioè sempre verso lo stesso tipo di risultato*; al contrario chi ha lavorato in modo attivo al calcolo delle superfici e dei perimetri delle altre figure geometriche, *può fare delle ipotesi, immaginare tentativi nei due sensi e risolvere ambedue i problemi.*

### 3.4 Qualche riflessione sulla natura delle immagini mentali<sup>11</sup>

Analogamente a quanto avviene per i dati in entrata, che vengono percepiti ed assimilati dal soggetto, se espressi mediante un linguaggio riconoscibile, anche i dati in uscita sono trasmissibili se rappresentati tramite un linguaggio adatto; Ecco quindi il ruolo fondamentale del linguaggio, particolarmente nel campo della didattica, e *la necessità di una scelta oculata del tipo di rappresentazione che si intende utilizzare.*

Si può dire a questo proposito che non c'è soluzione di continuità tra il momento in cui il soggetto elabora i concetti e quando li rappresenta, interiormente prima ed all'esterno dopo; nel momento in cui rappresenta i concetti il soggetto in un certo senso li comunica a se stesso. Come vedremo in seguito, a *livello di elaborazione mentale*, almeno per quanto viene introspektivamente percepito, *vengono usati “linguaggi” che sono inconsueti e di natura non sempre chiara*; l'introspezione deve essere vista come un tentativo di leggere la mente cioè un tentativo della mente di analizzare se stessa.

La comprensione del funzionamento della mente, sicuramente definibile al di là di ogni lusinga antropocentrica come uno degli oggetti più complessi dell'universo, è lungi dall'essere realizzata: da un lato abbiamo filoni di ricerca di tipo cognitivo e filosofico e dall'altra abbiamo ricerche di tipo neurofisiologico che indagano ad esempio sulla fisiologia della percezione, della memoria, del linguaggio e della rappresentazione delle immagini, raggiungendo risultati di grande interesse; si può prevedere che, quando i due filoni di ricerca cominceranno a convergere, il funzionamento della mente forse comincerà a chiarirsi.

Ciò che si può percepire con lo strumento dell'introspezione, a detta di molti autori, è che i dati in entrata *sembrano tradursi in elementi di vario tipo*: l'osservazione, ad esempio, di una bottiglia, meglio ancora di più bottiglie, sembra tradursi in elementi mentali legati in un qualche modo agli aspetti caratteristici delle bottiglie viste; in seguito, di fronte ad una bottiglia di foggia nuova, *l'idea di bottiglia* viene ricostruita e, grazie ad un meccanismo di tipo associativo, avviene il riconoscimento. L'idea di bottiglia sembra essere costituita appunto da un insieme di elementi dai contorni parzialmente indefiniti, che potranno essere assemblati e usati a volontà: è una vera e propria riproduzione interna, osservabile mediante l'introspezione, che chiameremo *rappresentazione mentale*. Su di essa si fonda la rappresentazione esterna che, come vedremo, risulta più completa e definita.

Il processo ora descritto è di semplice riconoscimento di una bottiglia mai vista prima, ma può assumere caratteristiche di maggiore complessità con momenti di creatività, arrivando ad esempio a concepire una immagine artistica della bottiglia, carica, come insegna la pittura di Morandi, di implicazioni estetiche ed emotive.

Un discorso analogo vale anche se, invece che ad un oggetto concreto quale la bottiglia, ci si riferisce ad un concetto astratto. Per indicare questi elementi interni si può usare il termine *immagine mentale*, in quanto sembra che essi vengano percepiti soprattutto come elementi visivi.

In un suo lavoro il matematico Jacques Hadamard ha espresso alcune idee sul funzionamento interno della mente, che concorrono con le idee di altri autorevoli autori a svelarne in piccola parte i meccanismi. Egli analizza e confronta le diverse esperienze introspektive fatte da persone di differente estrazione culturale, infatti non si limita ad analizzare le

<sup>11</sup> E. Niccoli, in A.A.V.V. “*Fondamenti Metodologici ed Epistemologici, Storia e Didattica della Chimica*”, vol. 2, pag.165, S.T.A.R. CNR, Pisa,1998

proprie esperienze interiori di pensatore e di ricercatore matematico o quelle di altri matematici, quali Poincaré o Gauss ma esamina le relazioni di fisici, quali Helmholtz o Langevin, di artisti, quali Mozart, Lamartine e Valéry, di chimici, quali Ostwald e Teeple, e così via; Hadamard si è valso infine anche di studi sull'intelligenza e sull'introspezione condotti dallo psicologo Binet.

Hadamard si interroga sulla natura delle immagini mentali ma anche su quei processi, che attraverso l'elaborazione delle immagini stesse, conducono alla formulazione delle idee.

Egli, risalendo alle radici del pensiero occidentale, fa osservare che già Aristotele sosteneva l'impossibilità di pensare senza l'uso di immagini mentre altri ricercatori sostengono l'alternanza o quasi l'antagonismo delle parole e dei simboli da un lato e delle immagini mentali dall'altro, suggerendo che le immagini mentali avrebbero la preminenza durante i processi di elaborazione inconscia e di ideazione, le parole e i simboli avrebbero un ruolo nei processi di analisi e di formalizzazione del pensiero ossia durante l'attività cosciente. Binet nel suo "Studio sperimentale della intelligenza" e alcuni membri della scuola tedesca di psicologia di Würzburg hanno sostenuto l'esistenza anche di un pensiero senza immagini, fatto di operazioni logiche quali l'affermazione, la negazione, l'eguaglianza ecc.

Uno studio ponderoso sulle rappresentazioni mentali del bambino, nel lavoro vengono però indicate con il termine "immagini mentali", è stato condotto da Piaget e Inhelder i quali affermano che queste rappresentazioni consistono in una "...evocazione degli oggetti o degli avvenimenti non percepiti attualmente...inoltre l'immagine costituisce essa stessa un'imitazione interiorizzata...". Gli autori tentano una minuziosa classificazione di queste rappresentazioni interiori: possono essere visive ma anche uditive o dovute ad altri sensi, si suddividono in *riproduttrici* e *anticipatrici* cioè capaci di immaginare avvenimenti non percepiti; a loro volta le immagini riproduttrici possono essere *statiche* o *cinetiche* se rappresentano un movimento, di *trasformazione* se rappresentano in modo figurative trasformazioni note; per le immagini anticipatrici viene fatta la distinzione solamente tra le *anticipatrici cinetiche* e le *anticipatrici di trasformazione*. Successivamente le distinzioni si fanno ancora più sottili e particolari. Interessante è anche la codificazione dei vari metodi seguiti per descrivere le rappresentazioni mentali: descrizione verbale da parte del soggetto secondo la propria introspezione; disegno eseguito dal soggetto; scelta da parte del soggetto tra diversi modelli di quello che più si avvicina alla rappresentazione interiore; riproduzione gestuale eseguita dal soggetto.

### 3.5 Le operazioni mentali<sup>12</sup>

L'intelligenza può essere vista come un processo di adattamento all'ambito sociale e fisico che circonda il soggetto, nel senso che l'apprendimento scaturisce e l'intelligenza si sviluppa da una interazione attiva con l'ambiente (Piaget). L'interazione attiva con l'ambiente nasce dal bisogno fondamentale dell'individuo di essere in equilibrio con la realtà per controllare il mondo esterno, assimilando nella sua struttura mentale ogni nuova informazione.

In questo modo avviene che quando una nuova informazione non è immediatamente interpretabile in base agli schemi mentali preesistenti, il soggetto entra in contraddizione con la realtà esterna, e di conseguenza cercherà di raggiungere un nuovo equilibrio, modificando la sua struttura mentale; si realizza così una specie di autocorrezione capace di tenere conto della nuova situazione. Possiamo perciò dire che l'apprendimento umano consiste appunto in questo perpetuo meccanismo di adeguamento, attraverso il quale il raggio di azione dell'individuo diviene sempre più ampio. Come si è detto la memoria e l'intelligenza rendono possibile un processo reversibile che permette di ricostruire mentalmente, all'indietro nel tempo, le trasformazioni avvenute e di prevedere le trasformazioni possibili, si può dimostrare che questi processi sono essenziali per l'apprendimento scientifico.

Teniamo presente che questa continua autoregolazione riguarda un duplice aspetto: motorio ed intellettuale da un lato, emotivo ed affettivo da quell'altro; *ambidue gli aspetti hanno importanza per i processi di apprendimento*.

L'intelligenza secondo questa teoria si evolve con l'età, passando, attraverso quattro stadi distinti:

- ◆ Stadio dell'intelligenza senso-motoria (0-2 anni)
- ◆ Stadio preoperazionale (2-7anni)
- ◆ Stadio delle operazioni mentali concrete (7-11 anni)
- ◆ Stadio delle operazioni mentali formali (11-14 anni)

Per i nostri propositi risultano particolarmente rilevanti gli ultimi due stadi, in quanto interessano il periodo che, letto con una certa elasticità intercorre tra l'inizio della scuola media ed il completamento del biennio iniziale della scuola secondaria superiore.

*Nel nostro caso particolare dobbiamo prendere in considerazione il fatto che le difficoltà riscontrate da parte degli alunni siano dovute, oltre che ad altri fattori, ad un forte ritardo nella maturazione mentale. Considerato quindi il fatto che i limiti di età indicati non sono rigidi e possono variare sensibilmente da individuo ad individuo e tenuto presente che di norma la maturazione di ciascun stadio evolutivo subisce sensibili ritardi, all'inizio della scuola secondaria superiore dovremo preoccuparci che siano state acquisite le operazioni relative al terzo stadio e che perlomeno sia iniziato il quarto stadio, mentre a conclusione del biennio iniziale della scuola secondaria superiore devono assolutamente risultare acquisite le operazioni relative al quarto stadio.*

*Per operazioni mentali concrete si devono intendere tutti i ragionamenti che vengono condotti su contenuti riferibili a elementi concreti e percettibili. Tuttavia durante questo stadio si sviluppa un pensiero capace di compiere delle operazioni mentali di una certa complessità.*

Le operazioni concrete, intese nell'accezione indicata, corrispondono a nozioni ben definite stabili che non solo si conservano tutta la vita ma non interferiranno con le successive operazioni a carattere superiore che verranno acquisite in seguito. Le operazioni concrete vengono richiamate e riutilizzate durante tutta l'esistenza ogni qual volta si renda necessario orga-

<sup>12</sup> J. H. Flavell, "La mente dalla nascita all'adolescenza", Astrolabio Ed., Roma, 1971

nizzare dati nuovi ed immediati (tipicamente quando abbiamo difficoltà a definire teoricamente qualche aspetto, ricorriamo ad esempi concreti).

Queste operazioni risultano comunque indispensabili per l'apprendimento scientifico, elenchiamo di seguito le più importanti:

- ◇ la nozione elementare di spazio;
- ◇ la nozione di misura;
- ◇ le nozioni di durata e di età;
- ◇ le nozioni di spostamento e di velocità;
- ◇ le nozioni di sostanza e di peso;
- ◇ le nozioni di classe e di serie;
- ◇ la nozione di numero;
- ◇ la nozione di casualità;
- ◇ la capacità di guardare a ogni stato di un sistema come il risultato di una trasformazione;
- ◇ il pensiero "reversibile" cioè la capacità di ripercorrere mentalmente nei due sensi operazioni e trasformazioni; questa capacità a sua volta permette di acquisire il concetto di equilibrio, fondamentale per la comprensione di tutta una serie di fenomeni chimici, fisici e naturali. Inoltre la reversibilità del pensiero, permettendo un continuo confronto tra aspettative e risultati ed il rilevamento di eventuali contraddizioni, accelera il meccanismo di crescita della struttura mentale e rende possibile una percezione corretta degli eventi fisici basati su di un effetto causale, senza soggiacere alle impressioni soggettive.;
- ◇ parallelamente a tutte queste acquisizioni comincia a manifestarsi una certa tendenza all'extrapolazione, che costituisce di fatto una possibile estensione del reale in direzione del virtuale; ad esempio, si arriva ad immaginare la possibile aggiunta di nuovi termini ad una serie o ad una classe di oggetti, ma non si arriva a prefigurare tutte le possibili trasformazioni o i possibili modi di essere di un sistema, come avverrà nello stadio di sviluppo successivo;
- ◇ in conclusione con lo sviluppo del pensiero logico lo studente che si affaccia al biennio iniziale della scuola secondaria superiore deve saper compiere tutta una serie di operazioni mentali quali sommare, sottrarre, dividere, classificare, seriare, uguagliare, mettere in corrispondenza. In questo periodo si può sviluppare spontaneamente una sorta di concezione atomistica della materia; a partire da questo concetto si giunge a giustificare il principio di conservazione della materia (intesa come sostanza) durante una trasformazione fisica;
- ◇ alla soglia degli 11 anni, dopo avere acquisito il principio di conservazione del peso, si acquista anche il principio della conservazione del volume nelle trasformazioni che comportano un cambiamento di forma della materia. Questo insieme di capacità rappresentano in un certo senso i prerequisiti in fatto di operazioni così come certi contenuti rappresentano i prerequisiti in fatto di immagini.

*Successivamente e gradatamente maturano le operazioni, dette operazioni mentali formali, condotte su contenuti astratti, non immediatamente percettibili.* Si realizza una progressiva liberazione dalla subordinazione al dato percettivamente più vistoso ha inizio il pensiero formale o pensiero ipotetico-deduttivo:

- ◇ in questa fase, cioè dopo i 13 anni, l'adolescente acquista la capacità di ragionare su semplici ipotesi, nonché di risolvere problemi enunciati solo verbalmente senza il supporto della sperimentazione concreta (ad esempio, premesso che A è più alto di C e che A è più basso di B stabilire chi è il più alto dei tre senza effettuare confronti diretti);
- ◇ più in generale mentre nella fase concreta un'eventuale "situazione possibile" è vista esclusivamente come extrapolazione di dati concreti, nella fase del pensiero formale l'adolescente diviene capace di ipotizzare per un certo sistema tutte le situazioni possibili tra le quali una è realizzata in concreto;
- ◇ A livello di pensiero si assiste quindi ad una inversione dell'ordine di importanza con preminenza degli aspetti ipotetici su quelli reali.

Altre operazioni formali più importanti sono:

- ◇ il "principio di proporzionalità";
- ◇ le "operazioni combinatorie", cioè la capacità di ricavare, dati più elementi, tutte le combinazioni;
- ◇ la "coordinazione di due sistemi di riferimento" e la "relatività dei movimenti e delle velocità";
- ◇ la "nozione di probabilità";
- ◇ la "nozione di correlazione";
- ◇ la "compensazione moltiplicativa" che è strettamente connessa con il principio di proporzionalità, infatti se  $A \cdot B = C \cdot D$  avremo anche che  $A/C = D/B$ ; ad esempio, l'adolescente si rende conto che può compiere lo stesso lavoro alzando un certo peso ad una certa altezza ovvero un peso doppio a metà dell'altezza precedente, in quanto il lavoro è dato appunto dal prodotto dell'altezza per il peso. A livello concreto il pensiero non solo è incapace di esaminare a confronto tutti i casi possibili di aumento o diminuzione del peso e dell'altezza e ricavare indicazioni esaurienti per quanto concerne l'entità del lavoro, ma non intuisce come un aumento del peso possa essere compensato da una diminuzione dell'altezza;
- ◇ la "forma di conservazione che oltrepassa l'esperienza" ossia forme di conservazioni non verificabili per impossibilità sperimentali come avviene nel caso del moto rettilineo uniforme ovvero del principio d'inerzia. Queste operazioni sono puramente mentali in quanto si perviene al principio "escludendo" mentalmente le interazioni che possono turbare il moto rettilineo uniforme;
- ◇ la "capacità di separare le variabili" ossia di considerare separatamente l'influenza delle differenti variabili di un sistema. Nella fase delle operazioni concrete, ad esempio, durante lo studio del comportamento dei gas sarà impossibile per un bambino di 10-11 anni analizzare separatamente l'influenza della pressione, del volume, della massa e della temperatura e di pervenire alla legge generale dei gas; egli arriverà con delle esperienze guidate a capire qualitativamente che un aumento di temperatura fa aumentare il volume o separatamente la pressione, ma non riuscirà ad ipotizzare e tanto meno a spiegare come una diminuzione della massa contemporanea all'aumento della temperatura possa lasciare invariato il volume.

### 3.6 Operazioni concrete e operazioni formali nell'ambito della chimica<sup>13</sup>

Le teorie di Piaget hanno suscitato notevoli aspettative negli insegnanti di chimica, i quali hanno intravisto la possibilità di mettere a punto uno strumento che permetta di superare le difficoltà che da sempre gli studenti incontrano nello studio di questa disciplina. Questa attenzione ha fatto sì che nei decenni passati in Gran Bretagna e negli Stati Uniti siano stati sviluppati una serie di studi nel tentativo di utilizzare tali teorie per una più corretta programmazione didattica della chimica. L'insegnamento della chimica rivisto sulla base delle teorie piagetiane, deve essere in via teorica diversamente esercitato su di un arco di età che va da 11 a 16 anni; inoltre il pieno conseguimento delle capacità formali, indispensabili per un più completo ragionamento scientifico, può subire notevoli ritardi fino ad interessare tutto il periodo della scuola media superiore.

Molte difficoltà nel valutare lo spessore cognitivo dei concetti chimici deriva dalla necessità di mettere a punto degli strumenti che permettano di individuare quali concetti chimici possono essere affrontati attraverso operazioni intellettuali concrete e quali attraverso operazioni intellettuali formali. Si rende inoltre necessario valutare se lo studente abbia conseguito o incrementato le sue capacità formali.

Sempre sulla base delle capacità intellettuali concrete o formali, conseguite o conseguibili devono essere tarati metodi e strategie di insegnamento. Riepilogando, diremo che in generale l'applicazione pratica delle teorie di Piaget comporta che la scansione secondo gli stati evolutivi del discente vada ad intrecciarsi con la scansione data dai vari momenti della programmazione curricolare, nel senso che ogni programmazione avrà negli stadi evolutivi un punto di riferimento fondamentalmente per soddisfare i bisogni intellettuali dell'utenza e per incentivare lo sviluppo cognitivo.

Concludendo, dall'analisi dei lavori svolti si possono ricavare alcuni problemi ricorrenti così riassumibili:

- ◊ definizione di una tassonomia di tipo piagetiano;
- ◊ valutazione delle capacità intellettuali concrete e delle capacità intellettuali formali degli studenti;
- ◊ contenuti chimici e strategie educative nei curricoli di tipo piagetiano.

Tali problemi nei lavori esaminati sono prevalentemente riferiti a studenti di scuole che in qualche modo corrispondono alla nostra scuola media superiore o all'inizio dell'università. La traduzione in termini chimici delle teorie di Piaget non appare né facile né automatica; si impone in prima istanza di fissare una tassonomia ossia una gerarchia di obiettivi che consentano di stabilire quando l'utilizzazione di determinati concetti chimici comporta l'uso di operazioni intellettuali concrete e quando di operazioni intellettuali formali.

Il problema è stato affrontato in modo originale ed interessante da Herron e dalla sua scuola, essi hanno avanzato una proposta di tassonomia, su cui hanno iniziato una ricerca approfondita, individuando tre tipi di concetti, basandosi sul principio della percettibilità:

- ◊ concetti di cui si può produrre esempi immediatamente percettibili ed i cui attributi sono anch'essi percettibili; questi concetti possono essere padroneggiati da studenti che operano a livelli intellettuali concreti. I concetti di solido e di liquido appartengono a questa categoria.
- ◊ concetti di cui si può produrre esempi percettibili, ma i cui attributi non sono percettibili; la comprensione di tali concetti comporta in qualche misura l'uso di operazioni intellettuali formali. In tale categoria rientrano i concetti di elementi e di composti.
- ◊ concetti di cui non si può produrre né esempi né attributi percettibili; essi sono classificabili come concetti formali, tra questi i concetti di atomo e di molecola.

Per verificare se tale tassonomia è funzionale, si è reso necessario predisporre uno strumento di controllo; in questo caso lo strumento di controllo è costituito da due gruppi di studenti uno che opera a livello concreto ed uno che opera a livello formale, selezionati mediante tests messi a punto da Longeot e derivati direttamente dalle teorie di Piaget.

A questi gruppi sono state somministrate una serie di lezioni, programmate sulla base della tassonomia predisposta e riferite a concetti di tipo concreto o a concetti di tipo formale; l'ipotesi di partenza è che la differenza di prestazione dei due gruppi dovrebbe essere minima per i concetti concreti e più elevata per i concetti formali; i due gruppi vengono verificati dopo l'apprendimento mediante tests basati sulla tassonomia proposta.

Lo schema complessivo di lavoro può essere riassunto come indicato nella figura 1.



Figura 1

Dai risultati dell'apprendimento si può ricavare un effetto retroattivo (feedback), che permetterà di controllare la validità della tassonomia proposta e dell'ipotesi di lavoro.

I risultati conseguiti da Herron e dalla sua scuola non sono decisivi ma sono significativi nel senso che sui concetti "concre-

<sup>13</sup> E. Niccoli, *CnS-La Chimica nella Scuola*, n. 4-5, 13 (1979).

ti” la risposta è alta per ambedue i gruppi, mentre per i concetti “formali” la risposta dei due gruppi è significativamente diversa (es.: un test sull’isomeria viene risolto al 60% da studenti “concreti” ed all’81% da studenti “formali”).

A questo proposito Herron osserva che probabilmente sul risultato complessivo influiscono oltre ai livelli concreti o formali dei concetti altri fattori che per ora rimangono non chiariti.

Rimane tuttavia dimostrato che è possibile individuare gli argomenti che riescono particolarmente difficili agli studenti che operano a livelli concreti.

Un altro interessante tentativo di classificazione degli argomenti di un curriculum è stato compiuto da Ophardt, dove la nota tassonomia di Bloom relativa agli obiettivi cognitivi viene rivisitata sulla base delle teorie di Piaget.

Egli utilizza tutta la gerarchia degli obiettivi cognitivi, sottolineando come una parte di questi si configurino in via di ipotesi come operazioni intellettuali concrete e una parte come operazioni intellettuali formali; più precisamente.

Operazioni intellettuali concrete:

- ◊ ritenere a memoria fatti e regole;
- ◊ capire a livello elementare;
- ◊ applicare le conoscenze estendendole a situazioni nuove.

Operazioni intellettuali formali:

- ◊ analizzare gli argomenti suddividendoli nelle loro parti;
- ◊ sintetizzare le varie parti degli argomenti appresi in un quadro razionale;
- ◊ valutare risultati e metodi.

Ophardt sottolinea che incentivazioni all’apprendimento anche formale si raggiungono percorrendo tutti i punti di detta tassonomia in quanto ognuno di essi è propedeutico all’acquisizione di quello successivo.

Il curriculum, basato su questo tipo di tassonomia, era destinato a studenti di corsi iniziali del College. Al termine del corso tutti gli studenti hanno mostrato un sensibile incremento delle loro capacità.

Altri autori hanno assunto una tassonomia e quindi degli obiettivi cognitivi derivandoli dal ciclo di apprendimento proposto da Karplus (programma SCIS), consistente nella “esplorazione” di un fenomeno, nella “invenzione” di un principio generale e nella “scoperta” o applicazione di detto principio ad altri problemi.

Il primo obiettivo viene assunto come operazione intellettuale concreta, mentre il secondo ed il terzo obiettivo corrispondono ambedue ad operazioni intellettuali formali.

Nel programma curricolare messo a punto dalla Smith per studenti della High School, la fase di esplorazione corrisponde ad una serie di esperienze di laboratorio, la fase dell’invenzione è prevista come fase collettiva di studio, di approfondimento e di interazione con il docente e l’ultima fase consiste nella scelta da parte dello studente di alcune esperienze, fra quante messe a disposizione, su cui applicare le conoscenze acquisite.

In questo caso le ipotesi di lavoro vengono verificate attraverso pre-tests e post-tests somministrati agli studenti a distanza di sei mesi ed un anno; i risultati appaiono incoraggianti.

Nella realizzazione di curricula chimici di tipo piagetiano evidente mente si deve verificare lo stadio di evoluzione mentale degli studenti.

Dal punto di vista del metodo di verifica i lavori di Piaget e Inhelder rimangono certamente il punto di riferimento più importante.

In questo caso allo studente vengono sottoposte delle prove le quali rivestono il carattere di test, si svolgono sotto forma di intervista clinica ma di fatto sono veri e propri processi di apprendimento su argomenti specifici.

L’operatore che segue la prova interagisce con lo studente con domande appropriate in modo del tutto simile all’intervento di un qualunque docente che segua e stimoli il lavoro di un discendente (metodo maieutico). L’esercizio e le domande sono ovviamente calibrati per mettere in evidenza i diversi processi mentali usati dagli studenti che operano a livello concreto rispetto a quelli che operano a livello formale.

Questo procedimento non pretende di quantificare oltre a una certa misura, ma si limita a mettere in evidenza la qualità dell’operazione intellettuale, l’emergere e il consolidarsi del ragionamento formale. La verifica in questo caso appare integrata nel processo di apprendimento e non si propone come un momento a se stante.

All’interno di un curriculum chimico rimane il problema di realizzare una verifica analoga ma in termini chimici. E’ stato infatti appurato che si producono sfasature e ritardi nell’applicare una struttura cognitiva, che è stata acquisita in un determinato campo di conoscenze, a conoscenze diverse (*decalage orizzontale*).

Così come è stato provato che, affrontando un ambito di conoscenze poco familiare, ovvero operando in situazioni emotivamente instabili, individui capaci di operare a livello di operazioni intellettuali formali recedono momentaneamente a livello di operazioni intellettuali concrete.

Herron dopo attenta riflessione si chiede se sia veramente utile per un docente classificare i propri studenti in “concreti” e in “formali”. Egli suggerisce piuttosto di avvicinare gli studenti durante l’attività di laboratorio per appurare se questi riescono ad usare un procedimento ipotetico deduttivo, se sanno ragionare in termini di possibilità e se esaminano mentalmente tutte le ipotesi possibili, se individuano e controllano tutte le variabili che influenzano il fenomeno, infine se sanno usare il principio di proporzionalità.

Basandosi su questi criteri, dei ricercatori dell’Università di Montreal, nel tentativo di superare i limiti del QI, hanno compiuto un interessante esperimento con dei test ricavati dalle classiche prove piagetiane, ma condotti in modo più standardizzato, sistematico e quantificabile.

Questo tipo di indagine è stato utilizzato con bambini di età compresa tra i 4 ed i 12 anni.

**116** Prove analoghe possono essere utilizzate anche per studenti più anziani; in uno studio compiuto presso il Dipartimento di Psicologia dell’Università Cattolica di Washington, sono stati messi a punto tests, anche notevolmente articolati, in qualche modo derivanti dalle osservazioni di Piaget ma completamente eseguibili “carta e penna”.

Il progetto denominato IPDT (An Inventory of Piaget's Developmental Tasks) consiste in 72 items di vario tipo; esso è stato applicato con risultati incoraggianti a studenti di età compresa tra gli 8 ed i 21 anni.

In questa sede si compie anche un interessante tentativo di correlare i livelli mentali, appurati con il metodo IPDT, ai contenuti specifici di un corso introduttivo di chimica per i Colleges.

Come è già stato accennato un tentativo di ricavare dei tests piagetiani è stato compiuto da Longeot, il cui lavoro è stato più volte utilizzato da altri ricercatori anche attraverso ulteriori adattamenti; questi tests si basano su 15 items relativi alla logica delle proposizioni, a problemi di proporzionalità e di operazioni combinatorie.

Questi strumenti pur mostrando limiti evidenti forniscono risultati significativi.

E' stato, ad esempio, possibile mettere in chiaro come nella generalità dei casi esistono forti ritardi nel conseguimento dello stadio delle operazioni intellettuali formali, rispetto a quanto indicato da Piaget.

Lovell, ad esempio, ha rilevato in Gran Bretagna che su di un campione di 39 studenti della Grammar School, di 10 studenti del College e di 3 adulti, solamente una percentuale variante tra il 23 ed il 37% avevano raggiunto il livello delle operazioni formali. Dale in Australia ha osservato che solamente il 15% dei ragazzi di 15 anni hanno raggiunto il livello formale. Da uno studio fatto presso l'Università dell'Oklahoma risulta che il 50% degli studenti, i quali iniziano i corsi dei Colleges opera a livello di operazioni intellettuali concrete e solamente il 25% opera a livello formale soddisfacente.

Per concludere Elkin, Tawer e Wheadley mettono in evidenza come solamente il 60% degli studenti frequentanti l'inizio del College, risolvono l'elementare problema di Piaget sulla conservazione del volume. I risultati citati si presentano alquanto eterogenei e solo limitatamente comparabili tra loro; ciò può essere dovuto alle diverse realtà socio-economiche da cui provengono i campioni di studenti, alle diverse modalità dell'indagine oltre che a tutta una serie di fattori, non ancora individuati, che influiscono sui risultati. Un dato complessivo e molto significativo può essere tuttavia ricavato: circa il 50% degli studenti della High School e del College dimostrano livelli intellettuali formali incompleti.

Se si parte inoltre dalla considerazione che gli argomenti chimici presentano sempre dei livelli formali elevati, i risultati sopra citati potrebbero spiegare le notorie difficoltà che molti studenti incontrano nel loro approccio alla chimica. Questo dato, che nella sua genericità appare ormai consolidato, ha provocato reazioni di tipo diverso tra gli insegnanti. Alcuni insegnanti-ricercatori hanno cercato attraverso le loro indagini di mettere a punto strumenti didattici e strategie educative atte ad incentivare le capacità formali. Altri ancora hanno creduto di poter affermare che una parte dei loro allievi, che operano a livelli intellettuali concreti, necessitano, per affrontare determinati argomenti chimici di programmi "concreti"; in questo modo, avverte Herron, si corre il rischio di fare mancare in modo sistematico qualsiasi stimolo a compiere operazioni intellettuali formali. Nel programmare l'intervento didattico risultano in ogni caso rilevanti due tipi di obiettivi: da un lato incentivare la crescita intellettuale e la capacità di ragionamento dello studente e dall'altro fare in modo che vengano assimilati certi contenuti minimi.

Da un punto di vista piagetiano il problema del conseguimento di questi obiettivi deve essere esaminato da ottiche diverse a seconda che gli studenti si trovino allo stadio delle operazioni intellettuali concrete allo stadio delle operazioni intellettuali formali o in una fase di transizione tra i due; diversa sarà la scelta dei contenuti ma soprattutto delle strategie educative che verranno messe in atto.

Nel primo caso gli interventi saranno diretti a consolidare la capacità di effettuare operazioni concrete ed i contenuti saranno di tipo "concreto"; qualora si renda necessario affrontare contenuti di tipo formale, questi dovranno in qualche modo essere surrogati. Nel secondo caso si cercherà di rendere sempre più ricco ed articolato il pensiero formale del discendente mentre i contenuti vengono affrontati in modo scientificamente più rigoroso.

Il terzo caso è didatticamente più complesso e, sulla base dei dati riportati nel paragrafo precedente, per quanto concerne la chimica è statisticamente il più rilevante poiché sembra interessare l'arco di età che va dai 14 ai 20 anni. L'intervento è in questo caso diretto ad uno studente, il quale potenzialmente può operare a livello formale, ma per ragioni complesse, che possono riguardare anche l'ambito affettivo oltre che quello cognitivo, stenta ad articolare un pensiero formale; oppure sarà rivolto ad uno studente il quale, non avendo ancora sufficientemente consolidato il pensiero formale, recede facilmente di fronte a contenuti e situazioni poco famigliari a livello di operazioni intellettuali concrete. In questi casi, mentre per facilitare le conoscenze di determinati contenuti si è tentato di operare a livello concreti (per esempio, introducendo il concetto di acido e di base in maniera operativa e limitandosi a accennare alla teoria di Arrhenius con l'aiuto di modelli molecolari), nello stesso tempo nasce la necessità di stimolare e consolidare il pensiero formale sollecitando con opportune strategie lo studente ad usare strumenti quali uno schema di ragionamento ipotetico-deduttivo o il principio di proporzionalità.

I lavori pubblicati, pur rientrando nei casi sopra elencati, si presentano nel loro insieme come una massa di dati significativi ma eterogenei, per cui non rimane che esaminare di seguito ed in modo necessariamente sommario i vari lavori e cercare di trarne alcune indicazioni a carattere generale.

Shayer e Ingle hanno ritenuto utile analizzare il programma Nuffield-O Level per la chimica alla luce delle teorie di Piaget, classificano i contenuti ed i metodi proposti in operazioni intellettuali formali ed operazioni intellettuali concrete; inoltre gli autori distinguono tra gli argomenti la cui conoscenza minima è necessaria per un elementare interesse per la materia e quelli la cui conoscenza minima è indispensabile per affrontare la struttura del corso. Essi concludono indicando i vari punti di difficoltà in relazione all'età cronologica ed allo sviluppo mentale medio, determinato mediante l'uso del QI. Osservano infine come gli argomenti chimici si colleghino prevalentemente su livelli formali e come la difficoltà da questo punto di vista vada aumentando verso il finire del corso.

Un limite di questo lavoro consiste nell'uso del QI che si è detto non essere congruente con le classificazioni di Piaget.

Un'interessante riflessione è dovuta a Herron, egli, nel tentativo di chiarire quali devono essere le aspettative di un insegnante di fronte a studenti che operano a livelli concreti o a livelli formali, evidenzia i differenti modi di affrontare degli argomenti di chimica e propone una serie di contenuti per ciascuno dei quali indica ciò che "può" e ciò che "non può" sapere uno studente che opera a livelli concreti.

Egli avverte che il criterio usato nel selezionare gli argomenti si basa esclusivamente sulla sua personale conoscenza dei meccanismi mentali che caratterizzano studenti "formali" e "concreti", inoltre chiarisce che questa sorta di dicotomia degli argomenti è artificiosa anche se utile. Per maggiore chiarezza riportiamo di seguito qualche esempio:

Argomenti accessibili a studenti "concreti"	Argomenti non accessibili a studenti "concreti".
Qualunque misura di routine	Misure su quantità non osservabili direttamente: es., densità, calore di reazione, ecc.
Compiere estropolazioni dirette, es., il fenilfenolo galleggia, quindi gli oggetti di legno galleggiano	Compiere estropolazioni di secondo ordine, es. il legno ed il gasolio bruciano, il legno ed il gasolio sono composti del carbonio, quindi i composti del carbonio bruciano
Bilanciare le equazioni chimiche applicando determinate regole Data la definizione di molarità preparare 1000 ml di una soluzione 1 M.	Ricavare le regole per bilanciare le equazioni chimiche Data la definizione di molarità preparare 1000 ml di soluzione 0,25 M a partire da una soluzione 3 M
Concepire il peso atomico come il peso di un determinato numero di atomi	Concepire il peso atomico come il rapporto tra il peso di un certo atomo ed il peso di un altro atomo assunto come standard
Concetto di acido come di una sostanza che fa virare il tornasole	Concetto di acido come donatore di protoni e come accettatore di doppietti di elettroni

Herron conclude affermando che la gran parte di concetti chimici comportano un certo livello formale e che, quando si opera con studenti a livello concreto, è necessario scegliere con cura gli argomenti, utilizzando "surrogati" dei concetti formali ove non sia possibile introdurli (uso di modelli molecolari, visione di modelli filmati e ricorso ad analogie); naturalmente non appena possibile si sollecita lo studente a cominciare ad operare in modo formale.

In un secondo articolo Herron ritorna *sull'importanza, specialmente per gli studenti che si trovano allo stadio di transizione tra operazioni concrete ed operazioni formali, dell'uso di similitudini e analogie.*

Strategie di questo tipo vengono utilizzate anche da altri autori, i quali per affrontare i capitoli della chimica ad elevato contenuto formale, fanno uso in un corso per High School di modelli molecolari costruiti dagli stessi studenti. L'ipotesi di lavoro prevede che l'incentivazione per l'apprendimento sia alta per studenti "concreti" ma limitata per studenti "formali". I risultati hanno dimostrato che queste strategie aiutano sensibilmente gli studenti "concreti" ma sono utilissime agli studenti "formali" che ne traggono notevoli stimoli; pertanto l'ipotesi di lavoro deve essere rivista. A sua volta Beistel per un corso introduttivo semestrale di chimica generale (College), propone una sequenza di lezioni teoriche a contenuto formale crescente, corroborate in parallelo da esercitazioni pratiche di laboratorio. La scelta è ottimizzata in modo da incentivare, almeno come ipotesi di lavoro, l'acquisizione delle operazioni intellettuali formali da parte degli studenti. Può essere interessante riportare di seguito il programma messo a punto da Beistel:

Lezioni teoriche	Esercitazioni di laboratorio
Gas: legge di Boyle e Charles, equazioni dei gas perfetti, legge di Dalton, equazione di Van der Waal e gas reali (non si affronta la teoria cinetica dei gas)	Legge di Boyle, compressibilità di un gas, peso molecolare di un gas
Soluzioni: tensione di vapore, innalzamento del punto di ebollizione ed abbassamento del punto di congelamento, pressione osmotica, elettroliti (non si introducono dati sulla struttura)	Punti di ebollizione di solventi puri, di soluzioni diluite di composti molecolari e di elettroliti.
Cambiamento di stato: equilibri di fase per sistemi ad uno o due componenti, concetto di equilibrio dinamico	Ricavare la regola delle fasi
Termodinamica: calore di fusione e di vaporizzazione, capacità termica, energia interna e lavoro, legge di Hess, energia libera	Calore di evaporazione e derivazione della regola di Trouton
Equilibri: costanti di equilibrio, equilibri gassosi, equilibri acido-base, solubilità	pH di un acido debole, ricavare una scala di acidità, pH di un sale

Ophardt nel suo articolato progetto curricolare individua nel laboratorio lo strumento principale per indurre gli studenti ad usare il ragionamento ipotetico deduttivo; allo scopo, partendo come ricordato dalla tassonomia di Bloom, mette a punto un progetto curricolare tutto basato sull'analisi chimica qualitativa e quantitativa.

L'uso delle esercitazioni pratiche di laboratorio, seguite da una discussione guidata dei risultati, come era prevedibile appare il metodo più adatto a conciliare l'apprendimento chimico con l'acquisizione delle capacità intellettuali concrete prima e formali dopo. Questa strategia, non mai abbastanza valorizzata nell'insegnamento della chimica, e anche quella che più si avvicina al metodo piagetiano.

Anche la Smith basa il suo progetto essenzialmente sull'esecuzione e la discussione delle esercitazioni di laboratorio riferite ad argomenti rilevanti quali: stati di aggregazione della materia, acidi e basi, struttura e proprietà periodi che, ecc. L'autrice, molto attenta al clima di apprendimento che si instaura durante il lavoro degli studenti, ritiene che questo metodo offra molte opportunità di autoregolazione della struttura mentale.

#### 4. L'insegnamento

##### 4.1 Le rappresentazioni scientifiche dei concetti<sup>11</sup>

Le immagini mentali sono assai indeterminate, quasi dei simboli o dei segnali capaci di evocare intere classi di concetti, esse si concretizzano e perdono ogni carattere di indeterminatezza solamente quando vengono rappresentate. Quindi il problema delle immagini mentali scientificamente e didatticamente coincide con la loro rappresentazione al momento della comunicazione.

*Come docenti abbiamo la necessità di rappresentare i concetti per comunicarli ai nostri alunni, gli alunni a loro volta usano le loro rappresentazioni per rivolgere a noi delle domande, per elaborare assieme a noi i concetti e durante la verifica.*

Ovviamente la comunicazione tra docente e discente non si limita alla rappresentazione dei concetti ma deve estendersi anche all'esercizio delle operazioni mentali cioè ai ragionamenti.

Riepilogando, la rappresentazione dei concetti scientifici deve essere consapevolmente tenuta sotto controllo da parte del ricercatore, da parte del docente e da parte del discente. Non dobbiamo tuttavia pensare che queste rappresentazioni in quanto tali siano solo figurative, come vedremo in seguito, per rappresentare i concetti possono essere usati altri linguaggi oltre a quello iconico. L'errore che commettono molti disciplinari e docenti di specifiche discipline è di prendere nella dovuta considerazione solamente le rappresentazioni tipiche della propria disciplina.

Il chimico focalizza la sua attenzione soprattutto sulle rappresentazioni costituite dai modelli molecolari, il biologo su nastri variamente attorcigliati a rappresentare le strutture terziarie delle proteine, oppure su metafore del tipo chiave-serratura, il fisico analogamente al matematico sui modelli matematici o sulle rappresentazioni grafiche.

I modelli matematici in realtà hanno una funzione più generale, infatti vengono usati in tutti gli ambiti disciplinari scientifici, così pure le rappresentazioni grafiche.

Tuttavia alcuni fatti contribuiscono a generalizzare in ambito scientifico l'uso dei vari tipi di modelli: i confini tra chimica e biologia sono ormai indistinguibili; molti campi di ricerca hanno uno statuto largamente interdisciplinare; molti insegnamenti operano in maniera multidisciplinare.

Per quanto sino a qui esposto si comprende che i vari tipi di rappresentazione dei concetti scientifici presentano molti elementi in comune e, come più avanti esposto, possono essere riunite sotto il concetto di "modello".

Le differenze che distinguono molti autori tra loro nel trattare il concetto di modello, sono soprattutto legate a particolari punti di vista assunti, all'uso a cui i modelli sono destinati ed al fatto che non sempre si tiene nella dovuta considerazione il linguaggio usato per descrivere il modello stesso.

Lo scopo di questa riflessione è di individuare modalità e definizioni che, pur essendo rigorose da un punto di vista scientifico, abbiano una ricaduta positiva sul piano didattico, infatti talune definizioni, epistemologicamente ineccepibili, non risultano didatticamente efficaci.

In prima istanza si cercherà di definire la natura dei modelli scientifici. Si cercherà di dare prima la definizione di modello per chiarirne la natura e i fondamenti, successivamente verranno fatte le possibili classificazioni atte a sottolineare le caratteristiche distintive dei modelli stessi.

Prima di procedere, considerato che i sistemi rappresentati dai modelli sono intrinsecamente complessi<sup>14</sup> è opportuno dare una definizione<sup>15</sup> adeguata del concetto di sistema:

*– con il termine sistema si intende un insieme di parti connesse tra loro in modo organizzato, che rientrano nel campo di indagine e che sono in relazione tra loro cioè si influenzano reciprocamente all'interno dei cosiddetti confini del sistema –.*

Individuare i confini del sistema serve a contenere la complessità del reale ed a circoscriverne i problemi, rendendoli gestibili. Gli elementi costituenti il sistema possono essere indicati con il termine di *sottosistemi* per cui il tutto può essere genericamente rappresentato mediante lo schema di figura 2 e di esso possono essere presi in considerazione sia la struttura che il funzionamento. Questo oggetto di studio, verrà d'ora in poi denominato *sistema referente*.

Nonostante che come si è detto il sistema presenta comunque una sua intrinseca complessità, *in fase di modellizzazione si prendono in considerazione solamente un numero limitato di elementi e di relazioni interne*.

A partire dal concetto di sistema in particolare si vuole richiamare l'attenzione sulla definizione di modello riportata nel lavoro di Boscolo<sup>16</sup>,

<sup>14</sup> Forse sarebbe più opportuno affermare che qualunque concetto scientifico, tanto che sia riferito ad un oggetto materiale che ad un contenuto concettuale è intrinsecamente complesso.

<sup>15</sup> The Open University, *L'analisi dei sistemi*, Milano, Mondadori Ed., 1979

<sup>16</sup> P. Boscolo "Cibernetica e didattica", Firenze, La Nuova Italia Editrice, 1969

dove l'autore non esclude ma non sottolinea fino in fondo il fatto che la correlazione individuata tra modello figurativo e sistema referente può essere tranquillamente estesa anche a quelli che lui chiama modelli formali in quanto anche un grafico o una equazione (modello matematico), dove i parametri assumono significati riconducibili a grandezze sperimentali o a dati teorici e le relazioni che legano i parametri tra loro staranno in rapporto biunivoco con le relazioni interne del sistema. Con questa estensione la definizione sotto riportata riesce ad inquadrare sotto l'etichetta di modello un grande numero di rappresentazioni.

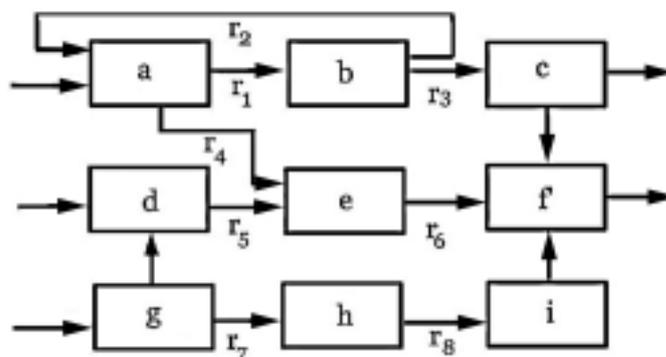


Figura 2

---

Un modello è un sistema  $S'$  rappresentativo del sistema referente  $S$ , la sua struttura è tale per cui ad una parte degli elementi interni di  $S$  ( $a, b, c, \dots$ ) corrispondono elementi interni di  $S'$  ( $a', b', c', \dots$ ) e ad alcune relazioni  $R$  tra gli elementi di  $S$  corrispondono relazioni  $R'$  tra gli elementi di  $S'$ .

---

Da questa definizione derivano alcune conseguenze logiche:

- ◊ il modello consiste in una *rappresentazione isomorfa* del sistema referente per cui viene anche indicato con il termine di *sistema rappresentativo* e l'*isomorfismo* diviene un *carattere distintivo del modello stesso*. L'isomorfismo del modello comporta come da definizione che il modello è internamente strutturato, che la sua struttura è in corrispondenza biunivoca con parte della struttura del sistema referente. Questa proprietà segna la differenza tra la rappresentazione mediante un modello e la rappresentazione mediante un simbolo infatti quest'ultimo è di norma scarsamente strutturato e la sua struttura non è in corrispondenza con la struttura del sistema se non larvamente (parole onomatopoeiche, logo, simboli stradali ecc.);
- ◊ come sottolineato nella definizione stessa, il modello consiste in una *rappresentazione parziale* del sistema ed anche la *parzialità* del modello è un carattere distintivo del medesimo: l'esperienza insegna che, pur rimanendo in un ambito disciplinare di tipo scientifico, il numero di elementi interni e di relazioni interne potenzialmente individuabili in un sistema qualsiasi è di norma elevatissimo, in quanto questi si moltiplicano al moltiplicarsi dei punti di vista disciplinari e interdisciplinari, e sarebbe probabilmente vano oltre che poco funzionale per una indagine volere considerare contemporaneamente tutti gli elementi e le relazioni interne possibili, d'altro canto, se per assurdo il modello rappresentasse il sistema in ogni suo aspetto, finirebbe per coincidere con il sistema stesso ossia il sistema sarebbe modello di se stesso e quindi il modello cesserebbe la sua funzione. Può esistere il problema inverso ossia il caso in cui il modello prende in considerazione un numero troppo limitato di elementi interni e di relazioni interne, fornendo una rappresentazione assolutamente carente dell'articolazione interna del sistema; siamo cioè di fronte ad una rappresentazione molto debole del sistema pur appartenendo alla classe dei modelli;
- ◊ il carattere parziale del modello comporta come conseguenza che *uno stesso sistema possa essere rappresentato da più modelli* d'altro canto bisogna anche sottolineare che *uno stesso modello può rappresentare sistemi diversi*, ad esempio una stessa equazione matematica può essere utilizzata per rappresentare fenomeni diversi. In sintonia con Boscolo si possono suddividere i modelli in due grandi categorie cioè *modelli figurativi* e *modelli formali*, i modelli figurativi hanno carattere descrittivo o, se vogliamo, pittografico mentre i modelli formali sono di natura simbolica ed ambedue sono contraddistinti da caratteristiche di parzialità e di isomorfismo.

Data la grande varietà di modelli che rientrano nella nostra definizione, la suddivisione di tutti i modelli in due sole categorie può risultare scarsamente discriminante. Più efficiente appare la classificazione dei modelli in base al linguaggio<sup>17</sup>

con il quale sono espressi; vediamo alcuni esempi:

- ◊ il *linguaggio iconico*, che si ritrova in immagini di vario tipo;
- ◊ il *linguaggio chimico*;
- ◊ il *linguaggio informatico*;
- ◊ *linguaggio grafico*, comprendente grafici, istogrammi, tabelle, schemi di vario tipo;
- ◊ il *linguaggio matematico* e il *linguaggio logico*.

Quelli citati sono molto schematicamente alcuni dei tipi di linguaggi possibili ma il problema è sicuramente più complesso. In generale, dal momento che il numero di rappresentazioni che possono rientrare sotto l'etichetta di modello dipende in particolare modo dai linguaggi considerati, non conviene allargare oltre una certa misura la gamma dei linguaggi assunti o

<sup>17</sup> Un linguaggio è un sistema formalizzato di segni, aventi funzione simbolica, organizzati secondo regole sintattiche che sono loro proprie.

prendere in considerazione linguaggi con funzioni troppo generali o generiche, correndo così il rischio di includere nella categoria dei modelli qualsiasi tipo di comunicazione.

Quindi, essenzialmente per ragioni pratiche, sembrerebbe funzionale tralasciare anche rappresentazioni quali quelle discorsive e mimiche nonostante che queste rappresentino potenti strumenti di insegnamento.

Si può inoltre osservare che i modelli figurativi sono espressi con linguaggi di tipo iconico che però possono assumere caratteristiche diverse quali le immagini disegnate o dipinte, immagini fotografiche, immagini solide, immagini in movimento, immagini interattive ecc..

I modelli formali coincidono di preferenza con il linguaggio matematico o grafico.

Particolarmente complesso è il problema posto dai linguaggi utilizzati nel definire dei modelli mediante il computer. Possiamo ottenere delle rappresentazioni figurative equivalenti e per certi aspetti anche più complete attraverso un linguaggio di tipo simbolico cioè linguaggio informatico: le immagini che osserviamo al computer vengono rappresentate in prima istanza sul disco rigido nel formato bit-map o nel formato vettoriale, che sono due linguaggi non iconici, ed in teoria una persona eccezionalmente dotata ed addestrata potrebbe leggere direttamente il linguaggio di programmazione e farsi una immagine mentale di quanto rappresentato, ma questa modalità è praticamente impercorribile e si rende necessario l'intervento della macchina per tradurre il tutto in modelli iconici sullo schermo.

Analogamente al linguaggio informatico, anche il linguaggio chimico è di tipo simbolico.

I modelli figurativi possono anche essere espressi mediante un linguaggio di tipo grafico, per sua natura simbolico; per esempio posso illustrare l'assemblaggio ed il funzionamento di una apparecchiatura di distillazione mediante uno schema che rappresenta l'apparecchiatura in sezione ed il modello da un punto di vista operativo risulta più efficace e trasmette più informazioni di un modello iconico, quale una fotografia dell'apparecchiatura stessa.

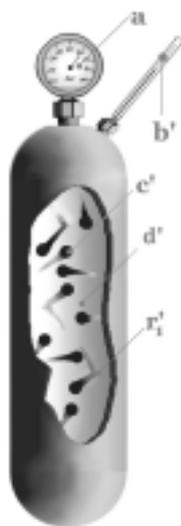
Un modello formale può essere espresso anche sotto forma di grafico bidimensionale o tridimensionale dove vengono rappresentate le relazioni che intercorrono tra due o tre variabili del sistema referente, altri aspetti del sistema possono essere illustrati mediante tabelle, diagrammi di flusso o mappe concettuali.

I linguaggi simbolici preferenziali per esprimere sistemi formali, sono il linguaggio matematico ed il linguaggio logico. Il linguaggio matematico è traducibile in linguaggio grafico, le difficoltà che possono nascere dalla complessità del calcolo, vengono superate mediante l'uso di calcolatori sempre più potenti: in questo modo ad esempio è possibile passare dall'equazione d'onda degli elettroni alla rappresentazione grafica degli orbitali.

Concludiamo ricordando che può essere comodo raggruppare anche i sistemi referenti in alcune categorie, in particolare: i *sistemi macroscopici*, corrispondenti a sistemi materiali, sono soggetti a misurazioni, sono direttamente percepibili e spesso rappresentati mediante modelli figurativi; i *sistemi astratti*, costituiti da principi e costrutti teorici o comunque concetti di una certa complessità, di norma vengono rappresentati mediante modelli formali; in una posizione intermedia si trovano i *sistemi microscopici*, non percepibili, corrispondenti ad atomi e molecole i cui dati sperimentali sono per lo più indirettamente ricavabili da misurazioni compiute su sistemi macroscopici: vengono rappresentati sia con modelli figurativi che con modelli formali.

A questo punto può essere utile esaminare rappresentazioni dello stesso sistema referente espresse con linguaggi diversi allo scopo di verificare come esse rientrino a tutto titolo nella definizione data.

Nella figura 3 è riportato un modello iconico riferito ad un sistema gassoso, a volume costante, la cui pressione è legata alla temperatura e quindi alla velocità delle particelle; si sceglie di conferirle un carattere familiare attraverso la rappresentazione di una bombola di gas della quale si vede uno spaccato, le particelle inoltre vengono rappresentate come se si trattasse di entità macroscopiche.



**Figura 3**

Con riferimento alla definizione di modello, vediamo la pressione (**a'**) segnata dal manometro, la temperatura (**b'**) segnata dal termometro, le particelle del gas (**c'**) in movimento e le pareti interne del recipiente (**d'**), che ne determinano il volume. L'interazione (**r'**) consiste negli urti delle particelle sulle pareti che determinano appunto la pressione.

Questo modello ha carattere qualitativo e suggerisce che la pressione è la risultante degli impulsi impressi dalle particelle sulla parete della bombola.

Esiste un modello matematico che rappresenta lo stesso sistema ma dà per implicita la definizione di gas perfetto.

La pressione,  $P$  ( $\mathbf{a}'$ ), viene in questo caso posta in relazione con le velocità,  $v_i$  ( $\mathbf{b}'$ ), delle singole molecole di massa  $m$  ( $\mathbf{c}'$ ) e con il volume,  $V$  ( $\mathbf{d}'$ ), di un contenitore dalla seguente equazione ( $\mathbf{r}_1'$ ):

$$P = \frac{\sum_i m v_i^2}{3V}$$

Quindi un modello che rappresenta con linguaggio matematico le varie parti del sistema, e la relazione che le lega.

Si può dimostrare che da questo modello discende un altro modello matematico che però non fa più esplicito riferimento alle particelle e quindi alla teoria cinetica dei gas.

Il modello consiste nella nota relazione di eguaglianza ( $\mathbf{r}_1'$ ) che lega tra loro la pressione,  $P$  ( $\mathbf{a}'$ ), e la temperatura,  $T$  ( $\mathbf{b}'$ ), espressa in kelvin, di una certa massa gassosa ( $\mathbf{c}'$ ) che si trova a volume costante ( $\mathbf{d}'$ ):

$$P = kT$$

Questo modello ovviamente espresso in un linguaggio grafico rappresenta la relazione che lega pressione e temperatura mediante la curva  $P(T)$  riportata nella figura 4.

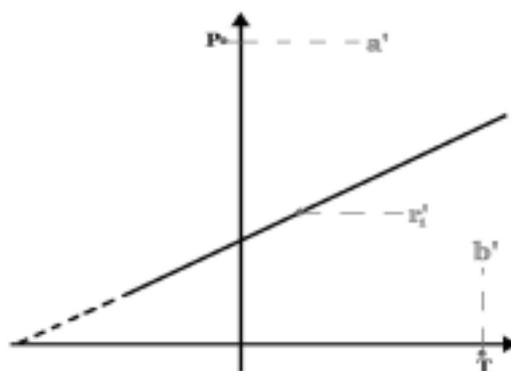


Figura 4

#### 4.2 Le rappresentazioni didattiche dei concetti<sup>18</sup>

Il problema fondamentale della didattica sta nel fatto che la comprensione di un qualunque concetto richiede un *background* scientifico e una conoscenza di linguaggi che spesso lo studente non possiede. Se l'insegnante non vuole o non può rinunciare all'argomento, deve ricorrere a qualche espediente, ad esempio intervenendo sulla rappresentazione dei concetti.

L'intervento, di qualunque tipo esso sia, richiede da parte dell'insegnante *una approfondita conoscenza della chimica, molta sensibilità per i processi cognitivi dello studente e capacità di usare correttamente i modelli*, in caso contrario rischia di offrire concetti scientificamente scorretti o di non comunicare con lo studente.

Un insegnante, al di là delle sue personali doti comunicative e dei particolari strumenti didattici di cui dispone, può fare leva su quattro aspetti della comunicazione didattica:

- ◊ può scegliere linguaggi adatti al livello cognitivo degli allievi, usando anche linguaggi che sarebbero estranei ai linguaggi scientifici, ad esempio il linguaggio della mimica;
- ◊ può scegliere i modelli scientifici più accessibili, ad esempio quelli più elementari con preferenza per quelli espressi con linguaggio iconico;
- ◊ può eventualmente modificare i modelli scientifici, intervenendo sia sulla complessità della rappresentazione che sul linguaggio usato;
- ◊ può utilizzare strumenti, simili ai modelli, ma che non rientrano in tale categoria quali ad esempio le analogie e le metafore.

Un espediente che non comporta rischi dal punto di vista del rigore scientifico, è quello di supplire alla mancanza di preconcoscenze dello studente, introducendo i dati mancanti sotto forma di modelli semplici ed immediatamente accessibili che creino attorno al modello principale una sorta di tessuto connettivo che ne permetta l'assimilazione e soprattutto l'accomodamento.

Un tentativo, che comporta qualche rischio sul piano del rigore, è quello di ristrutturare il modello scientifico: si tratta di ridurre i parametri e le relazioni interne senza compromettere la coerenza del concetto rappresentato, si ottiene così un *modello povero*.

Per disporre di una rappresentazione semplificata si può usare un *modello storicamente superato* cioè un modello scientificamente corretto rispetto ad un contesto sperimentale ridotto, che è stato successivamente inglobato in un modello di più

<sup>18</sup> E. Niccoli, *CnS-La Chimica nella Scuola*, 2003, **XXV**, 108

ampio respiro concettuale. La storia della chimica e l'epistemologia ci assicurano che questo modello potrà, sulla base di risultanze sperimentali, evolvere nel modello più complesso.

Se la difficoltà è data da un incompleto sviluppo cognitivo dello studente si può scegliere una rappresentazione con un carattere formale più ridotto: si può anche pensare di privilegiare i linguaggi iconico o ancora di preferire per lo stesso modello il linguaggio grafico a quello matematico e sostenere il tutto con una presentazione di natura mimica e discorsiva.

La difficoltà, che a volte si incontra ad introdurre certi concetti a determinati livelli scolastici, spinge gli insegnanti ad usare anche strumenti accessori rispetto ai modelli vale a dire *metafore, analogie, parallelismi* ecc..

Come è stato detto, gli insegnanti possono privilegiare modelli poveri, è tuttavia importante distinguere tali strumenti da altri che sono modelli del modello scientifico, questi ultimi possono essere indicati con il termine lievemente improprio ma distintivo di *metamodelli*.

Il metamodello può formalmente coincidere quello che è stato chiamato modello povero ma si differenzia da questo per come viene concepito e proposto: il modello povero pur nella sua debolezza continua ad essere una rappresentazione del sistema, il metamodello viceversa nasce come operazione didattica ed è una rappresentazione semplificata di un modello preesistente.

Si potrebbe anche azzardare una ulteriore distinzione: il modello povero può essere prodotto dallo stesso studente o dall'insegnante durante una attività di laboratorio finalizzata a chiarire i meccanismi dell'indagine scientifica (modellizzazione in classe), mentre il metamodello sarà concepito dall'insegnante, per illustrare un concetto, avendo come riferimento il modello scientifico più complesso; da qui derivano i limiti ed i rischi di inesattezze, per contenere i quali l'insegnante deve documentarsi a fondo sugli aspetti sperimentali e teorici che sono alla base del modello scientifico corrispondente.

Il metamodello ed il modello povero sono indistinguibili, differiscono solamente per la loro genesi; il metamodello può contenere alcune sottolineature destinate a richiamare l'attenzione, spesso utilizzato dai libri di testo rappresenta per gli insegnanti una risorsa importante.

Un altro espediente a carattere squisitamente didattico, adottato per attenuare l'impatto con un modello formale, è quello di associare nella rappresentazione gli elementi formali con elementi espressi in linguaggio iconico o anche in linguaggio discorsivo, tendenti a rendere più esplicito e familiare il concetto. Chiameremo questo tipo di modello *modello composito*. Per quanto detto sopra i modelli compositi sono spesso utilizzati nella didattica: nella fig. 5 si vede un modello estremamente composito in quanto raggruppa nella stessa raffigurazione elementi di linguaggio grafico (lo schema del ciclo), di linguaggio chimico (le formule), di linguaggio iconico (la scena del temporale) con aggiunte di linguaggio discorsivo (le scritte); esso rappresenta il contributo delle scariche elettriche dell'atmosfera alla sintesi degli ossidi d'azoto e quindi al ciclo naturale dell'azoto stesso.

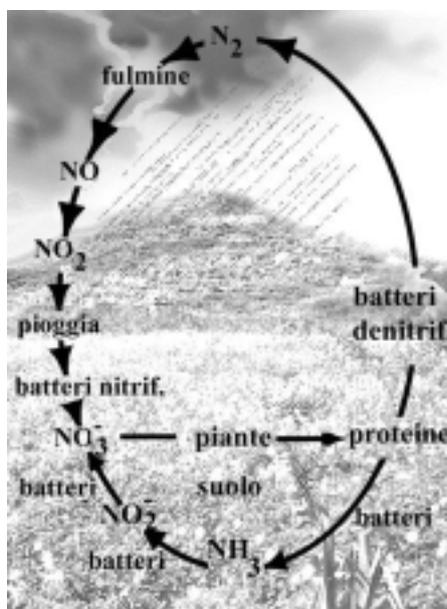


Figura 5

Non è escluso che si possano ritrovare modelli compositi anche tra i modelli scientifici ed è difficile dire se in questo caso la funzione del modello sia prevalentemente comunicativa o di altra natura. *Parte dei modelli scientifici, con particolare riferimento a quelli figurativi, i modelli poveri, i metamodelli, i modelli compositi, assieme a strumenti quali analogie e metafore, sono una utile strumentazione didattica e possono essere raggruppati sotto l'etichetta di modelli didattici.*

Ciò che si è voluto dimostrare con queste considerazioni, è che va dato un minimo di dignità formale a tutta questa strumentazione professionale che gli insegnanti, con maggiore o minore consapevolezza, ma sicuramente con molto impegno producono. Il fatto che gli insegnanti abbiano spesso operato meritoriamente, nonostante l'assenza di un minimo di inquadramento teorico, senza sentire il bisogno di codificare quanto andavano facendo, la dicono lunga sulla natura artigianale che tuttora caratterizza l'insegnamento.

Rimane da dire qualcosa di più preciso sull'uso di similitudini o metafore.

Una metafora può essere definita come rappresentazione di un sistema, noto e familiare ma diverso dal sistema referente con il quale però presenta analogie di caratteristiche e di comportamento, quindi una sorta di modellizzazione indiretta. La metafora assieme al metamodello ha una evidente funzione di schematizzazione, che può essere utile sia in didattica che nella ricerca., quando ci si trova ad esempio davanti ad una struttura molecolare complessa.

Un esempio è costituito dalla rappresentazione di un tratto di DNA . Nella figura 6a viene riportato il modello a spazio pieno del DNA, nella figura 6b il corrispondente modello povero (metamodello?).

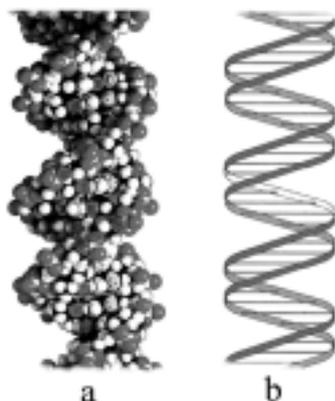


Figure 6

Volendo si può anche fare ricorso come metafora ad una scala elicoidale, questa costituisce una rappresentazione assai imperfetta e quindi non può essere assunto come modello vero e proprio, ma *didatticamente ha il pregio di fare riferimento a un oggetto familiare* e fornisce una idea per quanto imperfetta della forma spiralizzata del DNA.

#### 4.3 Rappresentazioni didattiche di concetti chimici<sup>11</sup>

Si può intanto osservare che in didattica i modelli formali, non svolgono le stesse funzioni dei modelli figurativi e tanto meno dei modelli composti, dei metamodelli o delle metafore. Si potrebbe affermare che, volendo operare un graduale passaggio dal concreto al formale in senso piagetiano e volendo in linea di massima procedere dal semplice al complesso, a partire da metafore e strumenti simili dovremmo procedere secondo la sequenza:

Metafore → Metamodelli → Modelli figurativi → Modelli composti → Modelli formali

Tuttavia nel progettare l'intervento didattico, poiché si deve sempre partire dai contenuti scientifici (formali) ed avere come bersaglio i contenuti didattici ed il livello cognitivo degli studenti, cioè dal momento che nella progettazione si procede dal complesso al semplice la suddetta sequenza andrà letta in senso inverso.

Esaminiamo ora una sequenza di modelli concatenati che procedono dal complesso al semplice e che vogliono illustrare un concetto quale la coordinata di reazione.

Nella fig. 7 vediamo un modello formale di tipo grafico di un sistema in reazione, costituito da tre particelle X, Y e Z, dove l'energia potenziale del sistema viene riportata, sotto forma di linee equipotenziali, in funzione della distanza delle particelle (una migliore rappresentazione sarebbe possibile con un grafico tridimensionale). La linea tratteggiata con frecce indica il percorso di reazione ossia il percorso di minima energia del punto rappresentativo del sistema.

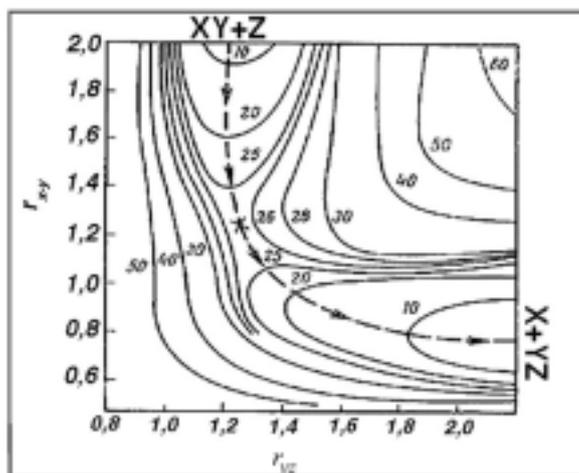
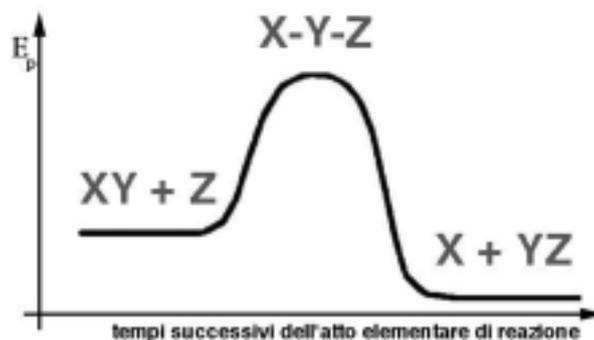


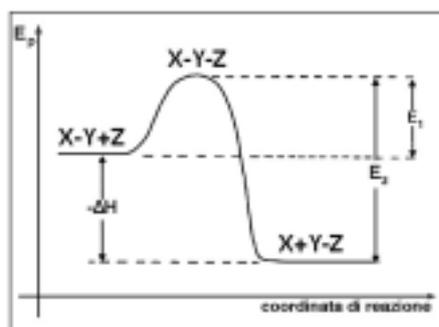
Figura 7

Da questo deriva il modello indicato in fig. 8 della cosiddetta coordinata di reazione: si tratta evidentemente di una rappresentazione semplificata rispetto alla precedente dove tuttavia vengono resi particolarmente leggibili sia il percorso di reazione, sia alcuni dati energetici quali le energie di attivazione secondo i due sensi di reazione ed i calori di reazione.



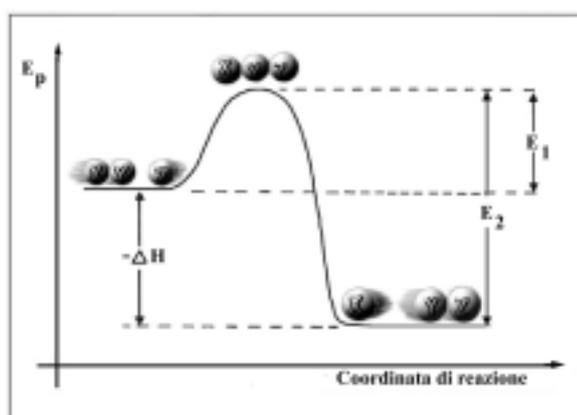
**Figura 8**

Nella fig. 9 abbiamo la coordinata di reazione illustrata mediante un modello composito dove le generiche indicazioni circa la situazione delle particelle X, Y e Z sono state sostituite da rappresentazioni iconiche di particelle sferiche in movimento. Il linguaggio iconico è stato associato al linguaggio grafico all'interno della stessa rappresentazione, in questo modo passiamo ad un modello didattico e otteniamo una più immediata percezione di ciò che si deve intendere per "punto rappresentativo di un sistema in reazione".



**Figura 9**

Il metamodello riportato in fig. 10, corrisponde a una rappresentazione della coordinata di reazione ancora più scarna: modello del modello e non già del sistema, viene aggirato il concetto di coordinata di reazione e sostituito con il concetto di "istanti successivi dell'atto elementare di reazione".



**Figura 10**

Questo concetto per quanto approssimato è più intuitivo; la dicitura offre appunto una possibile interpretazione, più facile da rappresentare mentalmente, del concetto di coordinata di reazione.

Nella fig. 11 che si commenta da sola, viene riportata una metafora dove il punto rappresentativo viene sostituito da una sfera lanciata manualmente al di là di una barriera di potenziale; in questo caso l'energia potenziale di legame viene paragonata all'energia potenziale di tipo gravitazionale.

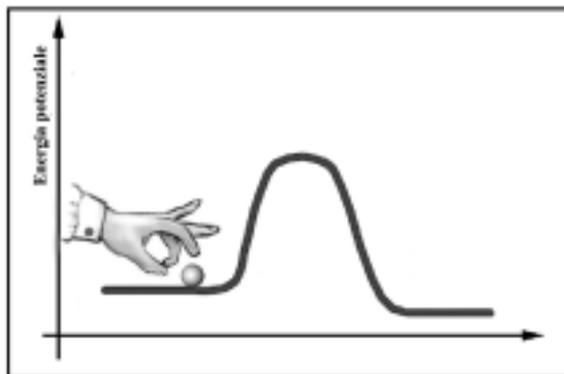


Figura 11

Esaminiamo ora un aspetto fondamentale dell'apprendimento chimico ossia i simboli atomici, le formule molecolari e le reazioni chimiche.

Immaginiamo a questo proposito di trovarci in un'aula dove si trovano studenti che iniziano lo studio della chimica, e parlando loro del sistema "molecola di idrogeno", presentiamo in sequenza ed in un crescendo di semplificazione la corrispondente equazione d'onda, la distribuzione attorno ai nuclei degli elettroni di legame sotto forma di nuvola di carica, due palline collegate con una molla, due calotte a spazio pieno o ancora, arrendendoci di fronte alla loro incredulità, scrivendo H-H, H:H se non addirittura H<sub>2</sub>.

La loro reazione sarebbe in un primo momento di credere che stiamo parlando di cose diverse e istintivamente sarebbero portati a identificare il sistema con la sua rappresentazione cioè a pensare che stiamo parlando di cose diverse e istintivamente sarebbero portati ad assumere l'una o l'altra rappresentazione a seconda delle situazioni ma tenendole mentalmente separate. Ecco quindi la necessità di affrontare subito il problema dei vari tipi di rappresentazione e quindi della natura dei modelli.

Si deve partire dalla considerazione che gli atomi, sistemi microscopici, nel linguaggio chimico corrente vengono indicati mediante simboli, questi rimandano a informazioni sulla natura dell'atomo stesso ma, come ogni simbolo, non presentano quel carattere di isomorfismo che è tipico dei modelli. Gli atomi vengono a volte rappresentati in modo generico come delle sfere che nelle migliori delle ipotesi hanno un raggio proporzionale al raggio covalente: questo è un modello iconico estremamente povero; modelli sempre del tipo figurativo-iconico sono quelli che rappresentano anche la struttura dell'atomo: questi sono più ricchi di informazione e permettono di fare previsioni circa alcune proprietà quale il numero di legami che l'atomo è capace di formare.

Una qualunque molecola è rappresentabile come un raggruppamento di simboli cioè mediante la sua formula bruta: questa rappresentazione può essere considerata un modello in quanto presenta corrispondenze biunivoche con i tipi e il numero totale di atomi costituenti la molecola e con il numero di ciascun tipo di atomo presente, inoltre il raggruppamento dei simboli sta ad indicare che gli atomi nella molecola sono legati tra loro. Siamo di fronte ad un modello povero ma formale, espresso in linguaggio chimico.

La rappresentazione cambia natura se passiamo a modelli tipo "stick and ball" o modelli a spazio pieno o ancora modelli rappresentati al computer in tre dimensioni, infatti in questo caso siamo di fronte a modellizzazioni iconiche che, contrariamente a quanto succede di norma, sono molto più ricche di informazione del precedente modello formale. Un'altra differenza che ricorre tra il modello "formula bruta" ed il modello "stick and ball" è che il primo convenzionalmente si può riferire tanto ad un sistema macroscopico (mole) quanto ad un sistema microscopico (molecola) mentre il secondo si riferisce esclusivamente al sistema microscopico.

Sulla base di analoghe considerazioni esaminiamo la reazione chimica



Questa deve essere considerata un modello formale in linguaggio chimico della reazione tra idrogeno e iodio che si riferisce tanto ad un sistema microscopico (molecole) che ad un sistema macroscopico (moli).

$$\frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} = K$$

esclusivamente il sistema macroscopico in quanto le formule molecolari tra parentesi quadre convenzionalmente indicano le concentrazioni molecolari che sono grandezze macroscopiche e non possono essere riferite alle singole molecole. In fig. 12 viene rappresentato un urto efficace tra due molecole  $A_2$  e  $B_2$ , tale modello è iconico ma in realtà un più attento esame ci avverte che tale modellizzazione è anche povera e contiene, per come viene rappresentato l'urto, elementi tendenti a sollecitare l'immaginazione più che ad offrire una rigorosa rappresentazione, contiene ad esempio elementi metaforici quale la scintilla che simboleggia l'urto efficace tra le due molecole con trasformazione di energia. Da questo punto di vista la rappresentazione si configura come un modello didattico ossia un metamodello.

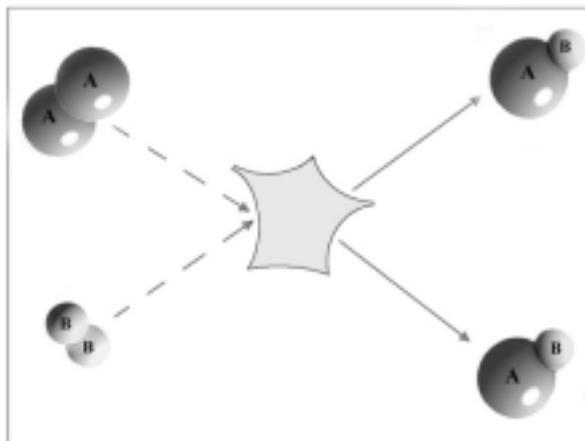


Figura 12

In realtà i modelli relativi all'urto efficace fanno parte di un gruppo di modelli costituenti la *teoria delle collisioni molecolari nelle reazioni tra gas*; tra di essi troviamo modelli che contengono informazioni relative all'energia delle particelle durante l'urto, altri informazioni relative alla geometria dell'urto, questi modelli, contrariamente al nostro metamodello, permettono di fare considerazioni quantitative e in senso predittivo.

Troviamo ad esempio un modello matematico che ci permette di calcolare il numero,  $N_{\text{tot}}$  di urti efficaci ad una data temperatura  $T$  ed in presenza di una certa energia critica di attivazione  $E_a$ :

$$N_{\text{att.}} = N_{\text{tot.}} \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

La geometria dell'urto può essere rappresentata mediante modelli di tipo iconico; in sostanza il linguaggio scelto è molto dipendente dalla natura dei parametri che vengono considerati.

Il modello raffigurato nella fig. 13 è un modello composito in quanto mescola elementi propri del linguaggio chimico con elementi iconici; esso corrisponde anche alla rappresentazione della reazione che può essere fatta dallo studente utilizzando modellini solidi.

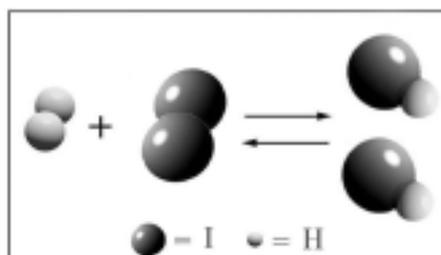


Figura 13

Un altro argomento chimico di grande rilevanza è la Tavola Periodica degli Elementi, la classificazione di questa rappresentazione deve tenere conto del fatto che il concetto rappresentato di "variazione periodica delle proprietà" è un concetto formale, che la Tavola Periodica, almeno nella sua forma essenziale, è una tabella sinottica la quale contiene un numero elevatissimo di informazioni e che rappresenta un sistema aperto capace di accogliere altre serie di dati. Il modello può essere quindi classificato come modello grafico

Possiamo inoltre illustrare la variazione periodica del raggio covalente al crescere del numero atomico ( $Z$ ) con uno dei soliti grafici con andamento alterno che illustrano bene il concetto.

Si può infine illustrare lo stesso concetto usando sempre lo schema della tabella periodica ma riempiendo le caselle (fig. 14) con delle sfere aventi un raggio proporzionale al raggio covalente; questo modello, adatto agli studenti più giovani, è formato da una parte grafica (tabella) e da una parte iconica (sfere) e costituisce un esempio di modello composito.

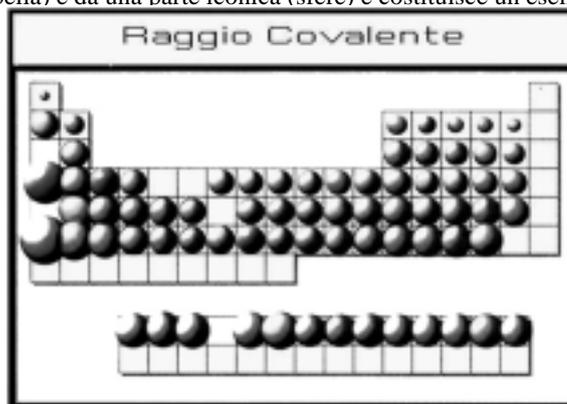


Figura 14

La Tavola Periodica si presta anche per fare un esempio di metamodello, e per rilevarne il suo carattere metaforico. Tenuto conto che non è facile, per lo studente meno maturo, farsi una immagine mentale della periodicità, si può ricorrere ad un metamodello che potremmo chiamare “Sistema Periodico delle Carte”: si invitano gli studenti ad ordinare delle carte che recano un numero, metafora del numero atomico, e che differiscono per la forma, per il colore. ben presto gli studenti scoprono che forma e colore variano in modo periodico e sono invitati a formare dei gruppi. Se sottraiamo preventivamente qualche carta si può addirittura creare una metafora dell’eka-silicio, dell’eka-alluminio ecc.. L’uso del computer ha prodotto una grande rivoluzione nella modellistica in generale e nella modellistica chimica in particolare, permettendo di rappresentare in modo anche iperfigurativo (con animazioni) concetti astratti molto complessi, rendendoli accessibili anche agli studenti cognitivamente più acerbi. I docenti possono ora trattare argomenti un tempo proibitivi per la didattica a livello di scuola secondaria, essi non devono più affrontare acque procellose con l’aiuto di un guscio di noce.

#### 4.4 Insegnamento tra efficienza ed efficacia

La didattica tradizionale che non fa riferimento ai principi del costruttivismo, è basata sulle lezioni frontali, ha i suoi fondamenti nella pedagogia ottocentesca e trova la sua espressione pratica in quello che viene chiamato “l’insegnamento intuitivo” o anche “insegnamento sensualista-empirista”<sup>14</sup>.

Questo insegnamento si avvale di una accurata esposizione, corroborata da esempi molto evidenti, destinati a creare una impressione durevole nella mente del discente. L’esposizione può essere accompagnata da esercizi che richiedono l’applicazione delle regole enunciate.

Ogni sforzo è teso a imprimere il più durevolmente possibile i concetti e ogni altra cosa descritta nella mente di chi ascolta e genericamente a sollecitare un passaggio dal particolare al generale, dal concreto all’astratto.

In questa concezione *l’apprendimento consiste nell’incorporare una specie di copia di quanto l’insegnante ha esposto*. Didatticamente parlando, siamo di fronte ad una tecnica trasmissiva che procede esaminando ogni concetto nelle sue parti e successivamente nel suo insieme e da sempre si avvale degli ausili tradizionali quali il gesso e la lavagna, più recentemente dei lucidi e delle tecniche di presentazione quale PowerPoint.

La situazione didattica di tipo trasmissivo/ricettivo è bene descritta dalle parole di Ezio Roletto<sup>19</sup>: *“Gli insegnanti perseguono obiettivi di apprendimento in quanto desiderano che i propri allievi apprendano ciò che essi si danno la pena di insegnare. Ora, quando si persegue un obiettivo di apprendimento, lo si persegue con un metodo di insegnamento: ogni insegnante, anche se non ne è cosciente, ricorre ad un metodo di insegnamento che si presenta come un insieme di dispositivi didattici che utilizzano diversi strumenti e che vengono attivati in situazioni di apprendimento. Le situazioni di apprendimento che di norma vengono proposte agli allievi sono situazioni impositive in cui il dispositivo didattico più utilizzato è la lezione frontale. Ciò avviene perché ogni metodo di insegnamento è sotteso ad un modello di apprendimento al quale l’insegnante fa riferimento, in modo consapevole o inconsapevole. In altre parole, quando un insegnante insegna in un determinato modo lo fa perché, consciamente o inconsciamente, dà certe risposte a interrogativi quali: Cosa significa apprendere? In cosa consiste l’apprendimento? Come si apprende? La maggior parte degli insegnanti fanno riferimento ad un modello di apprendimento senza esserne pienamente consci. Ora noi possiamo chiederci: qual è il modello di apprendimento che oggi domina nella scuola italiana e soprattutto nella scuola superiore? Quali sono i suoi pregi ed i suoi inconvenienti? Esistono delle alternative?*

*Nella scuola italiana domina un modello d’apprendimento per trasmissione/ricezione di informazioni che si richiama ad*

<sup>19</sup> Comunicazione privata

una teoria dell'apprendimento di natura "sensualista-empirista". Secondo questa teoria, è sufficiente che l'insegnante esponga le conoscenze o le renda evidenti mediante dimostrazioni o sperimentazioni per far sì che il soggetto che impara ne acquisisca una copia. L'apprendimento è assimilato ad una impronta intellettuale e la conoscenza sarebbe un contenuto di insegnamento che viene ad imprimeri nella mente dell'allievo come su una tavoletta di cera vergine. Obiettivo dichiarato dell'insegnamento è trasmettere, ad allievi che "non sanno", un insieme di informazioni o conoscenze possedute dall'insegnante. L'apprendimento è concepito secondo uno schema comunicativo emittitore/ricevitore dove all'allievo è riservato il ruolo di ricevitore passivo.

L'attività scolastica rimane rigidamente suddivisa in tre momenti: lezione frontale - studio individuale - interrogazione. La lezione frontale, nella quale l'insegnante espone e l'allievo ascolta, costituisce il dispositivo didattico principale. La situazione di apprendimento è di tipo impositivo. Questo modello è fondato sul presupposto che esista una specie di razionalità comune che, in certe condizioni, permetterebbe ad ogni allievo di interpretare le parole dell'insegnante in modo adeguato e, di conseguenza, acquisire i saperi che questi gli propone. Tale presupposto riposa a sua volta su tre ipotesi:

1. L'allievo è un soggetto neutro dal punto di vista concettuale: si tratta della metafora del contenitore vuoto nel quale è possibile immettere senza particolari difficoltà nuovi saperi.

2. Si ammette che esista una trasparenza comunicativa nel passaggio delle informazioni dall'insegnante all'allievo, ossia si ritiene che la trasmissione diretta di conoscenze dall'insegnante all'allievo sia possibile se si instaura una situazione di comunicazione ottimale tra chi detiene il sapere (l'insegnante) e chi lo deve acquisire (l'allievo). Tale situazione di comunicazione ottimale è realizzabile se l'insegnante padroneggia la disciplina, espone le nozioni in modo chiaro e rigoroso, usa un linguaggio appropriato, affronta le difficoltà in modo graduale, fornisce spiegazioni esaurienti, arricchisce l'esposizione con esempi e controesempi. È l'idea dei disciplinisti, ossia di quanti ritengono che per essere un buon insegnante sia sufficiente conoscere bene la disciplina.

3. Si accetta l'ipotesi della comprensione a posteriori, ossia si ammette che ogni soggetto sia spontaneamente in grado di strutturare un sapere complesso attraverso la somma di saperi parcellizzati acquisiti indipendentemente l'uno dall'altro. Bisogna tuttavia notare che questo tipo d'insegnamento con gli studenti ben dotati e ben guidati ottiene comunque risultati positivi sia come sviluppo del ragionamento che come acquisizione di nuove conoscenze, ma i frequenti insuccessi riscontrati con la restante parte degli studenti possono essere ascritti al metodo; gli studenti che falliscono, innanzi tutto sono poco interessati allo studio (motivazione) inoltre, nella migliore delle ipotesi, sono carenti sul piano delle conoscenze pregresse (prerequisiti) ma più frequentemente non hanno maturato in tempo debito le necessarie abilità mentali (capacità di ragionamento).

Quando si profila la necessità di passare dagli esempi concreti alla espressione simbolica dei concetti e si va ad applicare su di essi delle operazioni logiche, gli studenti in difficoltà si smarriscono, non sono in grado di recuperare il significato dei simboli, se fanno dei calcoli li fanno alla cieca, usando meccanicamente delle formule delle quali ignorano il vero significato.

Essi sono legati rigidamente a situazioni specifiche di lavoro, non sanno generalizzare, non sanno elaborare logicamente i concetti, imparano a memoria.

Nella scuola attuale questo aspetto viene affrontato soprattutto attraverso la cultura della programmazione, l'individuazione delle competenze, delle abilità e dei prerequisiti oltre che attraverso attività di recupero.

Il metodo tradizionale, che si sostanzia nella lezione frontale, tutto sommato è sospettato di essere inadeguato e poco motivante per gli alunni in difficoltà, per questi si richiede viceversa un intervento meno informativo e più formativo.

Gli insegnanti più avveduti intuiscono che lo scopo può essere raggiunto attraverso una maggiore coinvolgimento degli alunni nel lavoro comune nella speranza di fornire agli stessi stimoli e motivazioni.

Per raggiungere i suddetti obiettivi viene suggerito in generale di fare riferimento alla psicologia dell'apprendimento ed in particolare di realizzare una didattica capace di intervenire sul piano affettivo. Questo tipo di didattica viene detta "didattica attiva".

Riepilogando si può dire che la didattica tradizionale con alunni che non presentano particolari difficoltà ha successo e soprattutto ha la caratteristica di essere veloce e produttiva, permette di completare in tempi contenuti anche programmi di un certo spessore, vale a dire è una didattica efficiente, per contro una didattica attiva è capace di recuperare l'allievo in difficoltà ma prevede tempi più lunghi e lascia meno spazio ai contenuti, in altre parole risulta meno produttiva ma più efficace.

Una volta appurata la natura e l'entità del problema, si tratta di scegliere il giusto compromesso tra efficienza (metodo tradizionale) ed efficacia (metodo attivo).

Laddove prevale il metodo attivo le materie di insegnamento devono in tutto o in parte rinunciare alle "esposizioni complete" per concentrarsi su pochi concetti significativi.

Un metodo puramente trasmissivo non si preoccupa di capire attraverso quali attività della mente la nuova conoscenza venga stabilmente assimilata e utilizzata, entrando a fare parte del patrimonio culturale dello studente.

La cosiddetta "lezione frontale ma partecipata", se abilmente condotta, rappresenta un compromesso nella direzione della didattica attiva. In un modo o nell'altro per pratica professionale l'insegnante è spesso indotto a sollecitare l'attività degli studenti didatticamente e disciplinarmente fondanti.

Parlare di lezione partecipata o di generica attività degli studenti senza entrare seppure limitatamente nei meccanismi dell'apprendimento è tuttavia limitativo.

#### 4.5 Affettività e didattica attiva<sup>2</sup>

Un suggerimento ci può venire dalla teoria della psicologia culturale di Bruner: per comunicare in ambito didattico è

necessario che docente e discente capiscano l'uno la mente dell'altro, ma capire in questo caso non significa sapere spiegare in termini puramente logici bensì, come suggerisce Bruner, interpretare. D'altro canto ormai sappiamo che l'interpretazione sostituisce la spiegazione di tipo scientifico ogniquale volta ci si trova davanti a processi particolarmente complessi, sperimentalmente non dominabili.

Lo schema che meglio spiega come avviene la comunicazione didattica è secondo Bruner il medesimo che è invocato per qualsiasi apprendimento assistito da un adulto, si veda a questo proposito il rapporto tra madre e neonato.

Nel caso dell'apprendimento scolastico l'attività è preceduta da una contrattazione degli obiettivi tesa a creare una prima sintonia d'intenti, dopo di che *si genera una condivisione dell'attenzione, ossia il docente ed il discente stabiliscono una sorta di referenza congiunta nei confronti della medesima realtà.*

In questa situazione docente e discente, forti del linguaggio comune e della comune condivisione dell'attenzione, anticipano le reciproche intenzioni ed ambedue sono fortemente motivati a creare dei nuovi significati per interpretare la realtà.

Volendo forzare la similitudine informatica possiamo azzardarci a dire che l'analisi del comune referente, oggetto di studio e soprattutto la comprensione delle rispettive intenzioni, funge da traduttore tra il formato-docente ed il formato-discente. Questa operazione è profondamente coinvolgente, plasma la personalità del discente e modifica in qualche misura quella del docente, quindi questa è una operazione che avrà forti ripercussioni sul piano emotivo ed affettivo. Come tutti sappiamo, la componente affettiva è il motore di ogni azione umana. Lo stesso Bloom quando formulò le sue tassonomie, sentì il bisogno di distinguere il dominio affettivo da quello cognitivo.

Anche nel caso del costruttivismo si hanno ineludibilmente delle implicazioni non solo epistemologiche e didattiche ma anche psicologiche e quindi affettive.

Tutto ciò induce il docente ad affinare la professionalità nel rispetto dell'autonomia dello studente, a ricercare sintonia d'intenti ed anche a gestire nel miglior modo possibile l'emozione della scoperta e dell'invenzione.

Viceversa ciò che colpisce in tutte le discussioni sul costruttivismo e sui meccanismi cognitivi è la scarsa attenzione che viene data agli aspetti affettivi ed emotivi.

Non esiste scoperta senza emozione e lo stesso desiderio di scoprire, che predispone favorevolmente la mente, è un sentimento forte; al contrario l'indifferenza è un sentimento negativo che fa regredire la comprensione. La consapevolezza del proprio sapere cioè la metaconoscenza è innanzi tutto un sentimento appagante che spinge a ricercare ancora.

L'insegnante avveduto sa che ogni apprendimento è nello stesso tempo invenzione e scoperta ed ha alla sua radice uno stato d'animo se non altro di curiosità che deve essere attivato, quindi egli parlando di costruttivismo prende atto dell'autonomia mentale dello studente, *sa che è inutile gestire raffinate procedure se nel contempo non si gestisce la fase emotiva del processo.* Questa contribuisce potentemente a creare una specie di *continuum* tra lui e lo studente.

È mia convinzione che in assenza di una corretta gestione degli aspetti affettivi ci troveremo ad operare con un costruttivismo zoppo. Come riportato in epigrafe in una pubblicazione del MIUR, questo aspetto era stato colto appieno da Erasmo da Rotterdam che nei suoi "Colloqui" affermava essere "...il reciproco amore tra chi apprende e chi insegna è il primo e più importante gradino verso la conoscenza...". I costruttivisti direbbero "il primo e più importante componente nella costruzione della conoscenza".

Naturalmente il rapporto affettivo non può mai trascendere nel plagio che tradirebbe il tacito patto stipulato.

#### 4.6 Richiamo ad alcune idee di Bruner<sup>20</sup>

Nella comunicazione scientifica o nella comunicazione didattica matura, finalizzata ad incentivare consapevolezza e metaconoscenza, l'attenzione è focalizzata sul rigore scientifico per cui le tecniche di comunicazione devono soprattutto tenere presenti i seguenti criteri:

- ◊ i concetti scientifici, e quindi le scienze, non esistono in natura ma sono viceversa presenti in forma problematica nella mente dello scienziato, del docente e dello studente;
- ◊ la rappresentazione dei sistemi materiali o concettuali avviene sempre in modo parziale e consiste nella produzione di modelli isomorfi dei sistemi rappresentati;
- ◊ le relazioni logiche che legano tra loro i vari modelli, concorrono a formare delle strutture (mappe) atte a rappresentare, non solo didatticamente, parti della disciplina;
- ◊ mappe e modelli sono strumenti funzionali che permettono di metterci in relazione con i fenomeni naturali;
- ◊ l'esplorazione dei sistemi materiali o concettuali non si esaurisce praticamente mai in quanto dipende dalla capacità del ricercatore di problematizzare in modo sempre nuovo la realtà.

Nella comunicazione didattica dei concetti scientifici a livelli di base o a livelli intermedi dobbiamo dare importanza all'uso esperto dei vari metodi di lavoro, tra queste quella più caratterizzante per la disciplina chimica è l'attività sperimentale, tuttavia quella più efficace, produttiva e ricca di messaggi può essere l'esposizione verbale da parte del docente, esposizione che, come sottolinea Bruner, quando si sforza di *entrare nell'intima natura dell'insegnamento e dell'apprendimento scolastico, può assumere i ritmi e la struttura di una narrazione.* In questi casi si può assistere ad una esposizione che evita le trappole dello schematismo e degli automatismi verbali e diviene efficace oltre che stimolante, in questi casi aumenta l'interattività con la classe, il dialogo diviene coinvolgente sino ad assumere un andamento di narrazione collettiva. In questo caso siamo ben lontani dalla lezione frontale di tipo tradizionale, ma dipende dalla bravura dell'insegnante<sup>21</sup>.

Fermo restando che è sempre buona norma arricchire l'intervento ricorrendo a sistemi di lavoro variati; d'altro canto si devono amministrare con equilibrio quei metodi di lavoro, come l'uso dell'informatica o di strumenti audiovisivi, che per

<sup>20</sup> J. Bruner, "La cultura dell'educazione", Feltrinelli Ed., Milano, 1990

<sup>21</sup> Questa modalità rappresenta una versione particolarmente efficace della cosiddetta "lezione frontale partecipata"

loro natura rischiano di essere troppo pervasivi.

Il racconto della scienza costruita in modo adeguato, con le giuste sequenze e le giuste fasi si può rivelare un potente strumento didattico ma deve assumere l'andamento della narrazione; un espediente narrativo consiste nel sovvertire situazioni apparentemente intuitive per poter accedere a verità più profonde.

Per la chimica ad esempio, parlando di trasformazioni, può essere una buona partenza partire da una critica del punto di vista alchimistico per arrivare ad una visione intuitiva ma corretta, successivamente si può mettere in rilievo le incongruenze che il punto di vista intuitivo non riesce a spiegare e, attraverso un graduale approfondimento, arrivare con andamento a spirale ad una visione più formale del problema.

La scienza usa per l'esposizione un linguaggio molto formalizzato, ma in una esposizione narrativa forse si deve evitare di ricorrere troppo spesso a tale formalizzazione mentre è utile sottolineare, attraverso una sequenza ben congegnata di ipotesi, di conferme sperimentali e di previsioni, le vie secondo cui leggi e teorie sono state generate.

In realtà gli scienziati, per farsi capire e per procedere nel loro lavoro, hanno fatto ricorso ad ogni sorta di espedienti quali intuizioni, metafore, similitudini, storie ecc..

Se si ricorre alla storia della chimica, si rende necessario ricorrere *all'interpretazione della storia*. La storia della scienza può essere narrata secondo interpretazioni di volta in volta problematiche, drammatiche, politiche ecc. e ci permette di accentuare le sintonie tra sviluppo ontogenetico, che sta avvenendo, e sviluppo filogenetico che è avvenuto, aiutando le persone a radicarsi maggiormente nella propria cultura. Ma nell'esposizione si deve tenere presente che tanto più una scienza è avanzata, tanto più dipende dai modelli speculativi che essa stessa ha costruito e che diventano sempre più indirette osservazioni e misurazioni dei fenomeni naturali.

Naturalmente molto dipende in quale "spirale" del curriculum ci troviamo, a livelli avanzati può essere utile utilizzare il linguaggio più formalizzato (linguaggio matematico, logico ecc.) in quanto generativo nel senso che per la sua impostazione rigorosa permette di trarre deduzioni e di fare previsioni. Tuttavia imparare a fare lo scienziato significa imparare una cultura, impadronirsi del contesto e di tutte le modalità per costruire dei significati e non è la stessa cosa che imparare le scienze. In altre parole il quadro della conoscenza scientifica è molto più variegato di quanto a prima vista si potrebbe pensare, per questa ragione il metodo dell'esposizione narrativa, che non trascenda nella narrazione di fantasia, per la sua flessibilità e per la ricchezza dei significati risulta essere uno dei più adatti.

Se l'esposizione verbale ha la struttura di una narrazione, è bene tenere presenti alcune regole del narrare, quando ad esempio si narrano dei fatti si crea una aspettativa attraverso una esposizione che preveda un inizio, una prosecuzione ed una fine.

I dati di contorno danno significato alla storia principale ed è bene evitare una esposizione troppo schematica: raccontando come Mendeleiev abbia previsto l'esistenza dell'ekaboro e dell'ekasilicio, si stimola un atteggiamento di immedesimazione che aiuta la comprensione della Tavola Periodica degli elementi.

Se si narra di azioni avvenute si deve specificare gli stati intenzionali di chi ha agito, infatti le azioni sono sempre motivate da convinzioni, teorie e desideri.

Una nuova teoria scientifica può essere presentata come una deviazione rispetto a quanto si conosceva in precedenza, si dice infatti che le storie ruotano intorno a norme che vengono infrante, queste possono essere benissimo delle norme scientifiche già conosciute, ma in questo modo si crea una aspettativa di novità.

Quale può essere il guadagno in termini didattici, se invece di un'esposizione freddamente tecnica usiamo per i concetti scientifici una esposizione che riprende i ritmi e l'andamento della narrazione?

Che cosa si guadagna e che cosa si perde se passiamo dalla fredda esposizione di proposizioni verificabili alla narrazione di ciò che ha fatto, non solo materialmente ma anche in termini di pensiero, lo scienziato?

L'importanza della semplice esposizione verbale è tuttavia messa in rilievo dal fatto che i concetti spesso vengono capiti più approfonditamente dall'insegnante proprio nelle remore dello sforzo; paradossalmente si potrebbe dire che gli alunni fungendo da specchio aiutano l'insegnante a capire la propria mente nel momento in cui l'insegnante aiuta gli studenti a capire la loro. In questo processo entrano in gioco prepotentemente i fattori emotivi e relazionali.

*D'altro canto la narrazione didattica è stata spesso praticata quasi inconsapevolmente cioè senza attribuirle lo status di metodo didattico anzi confondendola con la pura esposizione verbale, vista come l'unico modo di insegnare.*

È stata spesso usata in modo istintivo e acritico, con obiettivi sbagliati o senza abbinare narrazione e rigore scientifico; per questo motivo ha sofferto di momenti di impopolarità, è stata accusata di essere il veicolo di nozionismo e di grossolana divulgazione.

Attraverso una esposizione narrativa si riesce viceversa a creare un contesto storico, psicologico e operativo dove poter ambientare i concetti scientifici, rendendoli così più confrontabili con l'esperienza quotidiana, meno sospesi in una atmosfera irrealistica e asettica.

In questo modo si può finalmente discutere delle conquiste della scienza in modo obiettivo senza demonizzazioni e senza fanatismi fideistici.

Bruner vede la "narrazione" come un modo di pensare ad alta voce o inversamente come una conversazione interiore durante la quale è possibile raccontare, dimostrare e riflettere sulle cose.

Durante questo procedimento l'insegnante *organizza in modo visibile la sua conoscenza*, comunicando con se stesso prima ancora che con gli alunni.

L'intervento dell'insegnante, una sorta di "conversazione animata", deve tenere conto dei limiti posti dallo sviluppo cognitivo ma, temperando quanto detto da Piaget, deve tenere presente che lo sviluppo può essere anche sollecitato ed accelerato: *l'interazione diretta con l'insegnante gioca un ruolo fondamentale nel sollecitare la crescita mentale degli allievi, altro fattore di crescita importante è la comprensione che lo studente ha del contesto in cui è messo ad operare.*

Con l'esposizione narrativa entra in gioco anche un fattore estetico, non influente, che consiste nel cercare di spiegare le cose non solo nel modo più logico ma anche nel modo più elegante. Si può ricordare tra l'altro che anche nella scoperta e nell'invenzione scientifica sembrano entrare in gioco parametri estetici<sup>12</sup>.

Con questa modalità il discente, sollecitato dall'esposizione del docente, corroborato dagli altri tipi d'interventi, viene aiutato a costruire la propria visione del mondo ma deve essere chiaro che egli raggiungerà la conoscenza solamente nei propri termini.

#### 4.7 Come organizzare la didattica attiva

Non c'è dubbio che la lezione frontale, le dimostrazioni *ex cathedra* e la pura e semplice lettura del libro di testo possono indurre un atteggiamento passivo da parte dell'allievo poco motivato, favoriscano un apprendimento mnemonico. In queste condizioni anche lo sviluppo mentale ristagna in quanto lo studente è *poco sollecitato a rappresentarsi i concetti e non si sente spinto a compiere quelle operazioni mentali che sono alla base del ragionamento scientifico*.

Al contrario si suggerisce di ricorrere ogni volta che sia necessario a quelle modalità di lavoro che favoriscono un atteggiamento attivo, che risultano stimolanti, che vedono lo studente protagonista in prima persona del proprio apprendimento.

In sostituzione del *metodo maieutico*, tendente ad estrarre la verità dalla mente degli allievi, a piccoli passi, mediante opportuni interrogativi<sup>22</sup>, la scuola attiva propone di pervenire alla scoperta dei concetti attraverso il lavoro degli allievi abilmente orientati dagli insegnanti.

Di seguito suggeriamo alcuni metodi di lavoro che vanno in questa direzione, fermo restando che l'esperienza e la creatività dell'insegnante sono a questo fine insostituibili.

Una modalità di apprendimento attivo a carattere generale è il *lavoro cooperativo*.

Il lavoro in cooperazione consiste essenzialmente in un *lavoro di gruppo* debitamente organizzato che oltre ad avere evidenti effetti sull'educazione sociale, comporta che tutti si convincano a partecipare, consiste nel fatto che ogni allievo è costretto a porsi di fronte a punti di vista diversi dal proprio, inoltre la discussione non sarà fittizia se ogni allievo diventerà capace di assumere di volta in volta il punto di vista di un altro. Questo richiede flessibilità e che nessuno si arrochi sulle proprie convinzioni.

Le necessità a carattere puramente individuale nel rapporto con gli altri vengono temperate. Il confronto spinge ognuno a organizzare meglio le proprie operazioni mentali prima di intervenire.

Un risultato pregevole ad esempio, che concorre a rendere la mentalità più flessibile, si ottiene quando un allievo si accorge che i vari partecipanti alla discussione possono giungere allo stesso risultato corretto pur partendo da punti di vista differenti.

Se nel gruppo si riesce ad evitare situazioni troppo conflittuali o situazioni di emarginazione di alcuni componenti, si crea un linguaggio comune, unità di intenti e comunanza di obiettivi cioè un clima di reciprocità e di collaborazione che è molto coinvolgente e aiuta gli studenti ad arricchire molto il proprio modo di pensare, a sviluppare una logica migliore ed a discutere in modo più serrato.

Questo complesso di modalità vanno sotto il nome di *dinamica di gruppo* e verranno più avanti approfondite.

Un secondo tipo di lavoro che si può configurare come didattica attiva è quello della *ricerca* da parte degli allievi: la ricerca può essere svolta per via bibliografica, via Internet, sul campo, in laboratorio

È opinione ormai consolidata che il lavoro di ricerca comporta negli allievi, come pure nei ricercatori, alla formazione di nuove e più affinate operazioni mentali.

Il lavoro di ricerca naturalmente deve essere alimentato e orientato da domande esperte da parte dei docenti: ogni domanda è una specie di progetto di azione che comporta per l'alunno l'applicazione di operazioni mentali già possedute e l'acquisizione di operazioni nuove. L'alunno se ne deve impossessare e le deve applicare per comprendere i fenomeni sotto osservazione. Lo studente non è uno scienziato capace di lavorare in funzione di uno scopo remoto per cui non si può porre una eccessiva distanza tra ciò che sa e ciò che deve imparare, altrimenti si smarrisce. Il problema quindi deve essere contenuto ma esposto in modo chiaro e stimolante.

In ogni caso si tenga presente che la ricerca da parte dell'alunno è il metodo di gran lunga più difficile.

Dal punto di vista dell'organizzazione la ricerca può assumere forme diverse:

- ◆ discussione comune;
- ◆ lavoro di gruppo;
- ◆ lavoro individuale.

Nel primo caso si realizza una libera discussione di tutta la classe con gli interventi del docente ridotti all'essenziale, però se il problema è troppo arduo o se la discussione minaccia di vanificarsi, il docente deve essere pronto ad intervenire in modo più corposo ed allora la discussione assume in parte le caratteristiche del metodo maieutico.

Sia nel lavoro di gruppo che nella libera discussione è necessario che i risultati vengano ordinati e presentati dopo che se ne è fatta una sintesi. In questa occasione il docente può integrare ed aggiustare il tiro oltre ad operare per il recupero di quegli alunni che non hanno tenuto il passo della discussione.

Il lavoro di ricerca individuale trova il suo momento cooperativo quando l'alunno, che ha fatto la ricerca, espone i suoi risultati ai compagni e si sottopone alla discussione collettiva.

Un secondo tipo di lavoro attivo è quello svolto in laboratorio, sempre che non consista nella meccanica esecuzione di procedure, ma nell'affrontare problemi e nell'ottenere risultati. Tutto ciò pone lo studente in una situazione di stimolo a contatto con oggetti e fatti concreti.

L'attività di laboratorio può assumere la caratteristica di una semplice ricerca.

Anche questa attività può essere fatta in gruppo o individualmente. Nel primo caso lo stimolo può essere molto forte in

<sup>22</sup> Metodo non da rifiutare, che si colloca tra un metodo trasmissivo ed un metodo attivo, vicino alla scoperta guidata.

quanto si uniscono i vantaggi di stimoli reali e concreti a quelli del lavoro cooperativo.

Per discipline come le scienze naturali o scienze della terra la ricerca oltre che in laboratorio può essere fatta anche sul campo. La ricerca può iniziare ad esempio con una discussione collettiva realizzata durante una gita d'istruzione.

Il lavoro in laboratorio è importante perché, specialmente per gli individui più dotati fornisce una idea delle procedure di ricerca vera e propria ed avvia ad un ragionamento di tipo ipotetico-deduttivo. In particolare gli studenti prendono familiarità con la formulazione di ipotesi, di compiere applicazioni, controlli, manipolazione delle variabili, presentazione e interpretazione dei dati sperimentali, di conduzione degli esperimenti, di rappresentazione dei concetti mediante modelli.

La presentazione dei propri risultati alla classe ed il confronto con i dati altrui garantiscono che l'attività non si è limitata ad una mera esecuzione di procedure.

Un terzo tipo di lavoro che stimola l'attività dello studente è quella che va sotto il nome di *problem solving*.

La risoluzione dei problemi deve essere impostata in modo che non si possa ridurre alla semplice applicazione di regole imparate a memoria, deve essere guidato da alcune comunicazioni verbali da parte dell'insegnante in quanto pur essendo un esercizio molto stimolante può risultare piuttosto difficile; le comunicazioni hanno il compito di incanalare l'attenzione dello studente verso la soluzione.

L'attività si snoda attraverso alcuni passaggi:

- ◇ presentazione del problema;
- ◇ definizione degli aspetti più caratterizzanti;
- ◇ formulazione di una ipotesi di soluzione;
- ◇ verifica della ipotesi.

Il *problem solving* richiede che la situazione presenti elementi di novità e non sia aggredibile con la meccanica applicazione di calcoli.

Altri tipi di apprendimento capaci di stimolare l'attività degli studenti, è la compilazione di mappe concettuali per le quali si rimanda ad una nota successiva.

In questa sede limitiamoci a dire che tracciare delle mappe concettuali significa prendere coscienza di ciò che si sa e di ciò che uno non si sa, vale a dire acquisire un certo livello di consapevolezza e quindi di metacoscienza. Inoltre una mappa concettuale individuale rappresenta una specie di metafora della propria rete concettuale.

La compilazione individuale o in gruppo della mappa concettuale risulta un'attività molto coinvolgente.

#### 4.8 Note sulle dinamiche di gruppo

Non è possibile con una breve nota introdurre un tema ricco e complesso come la dinamica di gruppo. I gruppi di apprendimento non nascono naturalmente solamente nella scuola, ma nella scuola per il loro carattere particolarmente coinvolgente, acquistano una particolare importanza.

Ecco alcune ragioni che avanza J. Luft<sup>23</sup>, uno studioso di questo particolare campo della psicologia, per spiegare l'importanza di un apprendimento conseguito in gruppo. Egli afferma che l'attività di un gruppo organizzato viene realizzata:

*1. per aver modo di studiare i fatti che influenzano le motivazioni che spingono l'insegnante ad imparare e ad insegnare. In un gruppo permissivo, è possibile chiarire i motivi più profondi. Imparando a capire la propria tendenza a « mascherare » le sue motivazioni, l'insegnante potrà meglio apprezzare problemi analoghi nei propri alunni;*

*2. per riconoscere lo sviluppo ed il potere delle -regole di gruppo. Seguendo lo sviluppo di una regola di gruppo ed il suo potere di guidare o limitare l'individuo, un insegnante può cogliere più intimamente il significato di questa norma nei gruppi dei suoi alunni. La pressione verso la conformità e l'ostilità nei confronti di coloro che violano le norme di gruppo, hanno un'influenza importante nell'apprendimento in classe;*

*3. per rendersi conto degli ostacoli personali e sociali che impediscono il lavoro scolastico. I gruppi possono essere crudeli o indulgenti con un alunno sensibile o atipico. Per capire qualcosa sugli ostacoli che si frappongono all'apprendimento, è utile, per l'insegnante, rivivere nuovamente le reazioni del gruppo di fronte a degli individui insoliti, ma questa volta in un gruppo dove l'esperienza possa essere identificata, chiarita e capita;*

*4. per distinguere tra l'apparenza superficiale dei gruppi e la vita nascosta, che può non essere appariscente, ma che tuttavia è molto importante. In altre parole, può sembrare che un gruppo lavori molto bene, ordinatamente, con calma, e muovendosi secondo le linee prestabilite. Solo che, in realtà, non accade nulla, non cambia nulla, non si impara nulla. Un buon gruppo, una classe dove gli alunni lavorano e imparano, può, d'altra parte, non apparire sempre così produttivo, agli occhi di un osservatore esterno;*

*5. per capire meglio il valore dell'auto-determinazione nei gruppi. Via via che una classe impara ad auto-guidarsi, a prendere più responsabilità, gli alunni imparano sempre di più a capirne i motivi intrinseci. Ogni alunno si adopera maggiormente per imparare ad arricchirsi, e nello stesso tempo impara a lavorare con gli altri;*

*6. per acquisire una maggiore consapevolezza, circa la varietà delle funzioni della leadership. L'insegnante, come tipo particolare di leader, dovrebbe capire i vari tipi di modello della leadership, come ad esempio le funzioni centralizzate o*

<sup>23</sup> J. Luft, *Introduzione alla dinamica di gruppo*, La Nuova Italia, Firenze, 1975

*condivise, la leadership formale e informale, l'apparizione della leadership tra gli alunni e nei sottogruppi, e l'effetto che questi modelli hanno sul lavoro dell'insegnante;*

*7. perché l'insegnante possa rendersi conto del potere che, come leader, detiene e affinché giudichi se l'uso che egli fa dei premi e delle punizioni è in linea con gli scopi del suo insegnamento. Nello stesso tempo, l'insegnante ha bisogno di saperne di più circa il potere che il gruppo ha di premiare e di punire i propri membri e la sua capacità di influenzare l'insegnante stesso;*

*8. per rendersi conto della evoluzione. degli status e dei ruoli all'interno di un gruppo della classe. La base dello status, può basarsi sui voti scolastici e sull'intelligenza, ma può anche includere una certa disinvoltura nei rapporti sociali, il coraggio fisico, la capacità di resistere all'autorità ed altre capacità emotive che raramente hanno una relazione diretta con l'apprendimento scolastico.*

*Diamo per scontato che un insegnante sia ben informato, specialmente nel suo campo specifico; il suo sapere e la sua capacità di acquisire continuamente nuove conoscenze, stanno alla base del suo lavoro. Ma quello che è meno considerato e meno apprezzato sono quelle capacità più impalpabili e peraltro necessarie per lavorare con una classe di venti, trenta o quaranta ragazzi.*

*Da solo nella sua aula, l'insegnante ha ben poco a cui appoggiarsi, se non ciò che sa, ciò che osserva e capisce e ciò che sente. I suoi superiori, i suoi colleghi, i genitori dei ragazzi e la comunità, lo sorvegliano. Egli deve essere sensibile a ciò che succede mentre lavora, un po' come un artista, mentre persegue i suoi obiettivi ..... Le regole e i progetti scolastici possono sembrare piuttosto remoti e astratti; ciò che è sempre presente, però, sono gli alunni che reagiscono intensamente, con forte curiosità, o apaticamente, in ogni momento. L'insegnante deve imparare a fidarsi della sensibilità, delle proprie osservazioni. Egli deve riconoscere la realtà della vita di gruppo così come la complessità delle personalità individuali che lo compongono. Se egli è consapevole del modo in cui può influenzare gli altri, sarà allora in grado di dirigere la classe nella direzione voluta. Se egli invece è cieco nei confronti delle sue motivazioni e del suo comportamento, potrà lavorare con il più grande accanimento ma non riuscirà ugualmente a realizzare i suoi propositi. In realtà questo equivale a chiedere all'insegnante di « conoscere se stesso », secondo quel vecchio consiglio che è così largamente usato, ma a volte anche così largamente ignorato. Infatti imparare a conoscersi meglio nei propri rapporti con gli altri, non solo è difficile e lungo, ma può anche far nascere una ansietà insospettata.*

*Quando una tale auto-consapevolezza è limitata, spesso vediamo che gli insegnanti e gli alunni sono obbligati ad adottare metodi rigidi e autoritari. E d'altro lato, ci troviamo di fronte ad errori dello stesso tipo quando insegnanti ben intenzionati, ma male informati, allentano ogni tipo di controllo, con il risultato di creare un clima di permissività totale e malintesa, nella classe. Questa situazione si può riconoscere attraverso un'atmosfera di diffusa indifferenza che permea la classe; si impara pochissimo e gli alunni tendono ad annoiarsi o semplicemente ad essere dispettosi.*

*Come l'artista che si ferma spesso ad osservare con calma il lavoro che sta facendo, l'insegnante ha bisogno di una comunicazione aperta ed efficace con la sua classe, in modo da poter percepire meglio ciò che avviene.*

*In altre parole un insegnante attento alle dinamiche che avvengono all'interno del gruppo di cui lui è il leader, si traduce in un processo di autoconsapevolezza per lui e per la classe sulla quale si riflette la sua azione di moderatore e di conduttore e nell'accettazione di quelle regole che si generano spontaneamente nel gruppo, finalizzate al conseguimento degli obiettivi fissati.*

#### **4.9 Note sulle mappe concettuali<sup>10</sup>**

In didattica si ricorre spesso a schemi, che permettono di avere una visione complessiva di un argomento e della sua articolazione, e riassumono in modo facilmente memorizzabile la materia trattata.

Si utilizzano a questo scopo schemi di vario tipo, formati da caselle contenenti, concetti relativi all'argomento trattato, collegate tra loro da tratti o frecce, spesso accompagnati da scritte che esplicitano il tipo di connessione.

Secondo le loro caratteristiche gli schemi sono denominati, ad esempio, diagrammi di flusso, schemi a blocchi, schemi cibernetici, rappresentazioni di cicli naturali, alberi di predicati e soprattutto, per quanto c'interessa, mappe concettuali; essi sono deputati in linea di massima a suggerire la suddivisione di un certo argomento nelle sue parti secondo sequenze che di volta in volta saranno spaziali, temporali, operative, logiche, storiche e così via.

Le mappe concettuali si distinguono dagli altri tipi di schemi per il fatto che le connessioni che collegano tra loro i vari tipi di caselle oltre ad essere esplicitate, sono di tipo logico e, se la mappa si riferisce ad argomenti disciplinari, anche di natura disciplinare. Le mappe concettuali sono di fatto delle modellizzazioni cioè delle rappresentazioni di immagini mentali riferite alle strutture logiche degli argomenti. Joseph Novak, ideatore delle mappe concettuali, nel suo libro non fa esplicito riferimento al problema della modellizzazione; al contrario in un suo articolo<sup>24</sup> fa un cenno indiretto alle rappresentazioni mentali. Egli comunque sostiene che le mappe sono una rappresentazione di come un determinato concetto è stato mentalmente organizzato cioè correlato ad altri concetti.

Nelle mappe concettuali i concetti, a cui si vuole dare rilievo, vengono circoscritti in una casella e collegati tra loro mediante tratti o frecce e soprattutto mediante connessioni logiche o proposizioni ciascuna delle quali esplicita una delle relazioni possibili che intercorrono tra due concetti.

Nelle mappe usate a scopo didattico è i collegamenti tra i concetti mediante le connessioni logiche hanno altrettanta importanza dei contenuti delle caselle, infatti le stesse caselle con gli stessi contenuti possono fare parte di mappe diverse. Ciò che

<sup>24</sup> J. D. Novak, J. Chem. Ed., **61**, 607 (1984)

distingue un qualsiasi schema a blocchi da una mappa concettuale oppure una mappa da un'altra è appunto la natura dei collegamenti: supponiamo di avere una casella contenente il concetto di aeriforme ed un'altra il concetto di liquido, in un diagramma di flusso posso schematicamente affermare che prima affronto il concetto di gas e poi quello di liquido (sequenza temporale), nella mappa che illustra il piano di stesura di un libro, che poi si traduce nel sommario, indico che ad un certo capitolo viene l'argomento aeriforme e che, ad esempio nel capitolo dopo, viene l'argomento liquido (sequenza spaziale), ma in differenti mappe concettuali indicherò, ad esempio, che l'aeriforme per condensazione forma il liquido oppure che il liquido per riscaldamento riforma l'aeriforme o ancora che l'aeriforme va in equilibrio con il liquido. Le connessioni che compaiono, dipendono dal criterio seguito nel trattare l'argomento; nel caso del sistema formato dall'aeriforme e dal suo liquido potremmo assumere ad esempio punti di vista applicativo, cinetico, termodinamico o di descrizione mediante un modello microscopico.

L'aspetto assunto dalle mappe è del tipo riportato in figura 15.



Figura 15

La valenza cognitiva delle mappe concettuali sta nel fatto che esse si fondano su di una ben precisa teoria dell'apprendimento cioè sulla teoria di David P. Ausubel<sup>6</sup>.

Questa teoria, che in questa sede non è dato di approfondire, distingue, come noto, tra *apprendimento ricettivo* ed *apprendimento significativo*, il primo, come è stato chiarito nelle pagine precedenti, è un apprendimento prevalentemente acritico e passivo che mira soprattutto ad incrementare ed a rendere più rapido il processo, il secondo è un *apprendimento critico* durante il quale l'operatore è consapevole dell'atto che sta compiendo e, nell'apprendere, riflette sulla natura e sulle modalità dell'apprendimento stesso, sulle relazioni che intercorrono tra i concetti appresi nonché sulla loro rappresentazione.

Se la mappa riflette in qualche modo l'organizzazione mentale relativa all'argomento, l'operatore finisce per prendere coscienza delle proprie operazioni mentali. Si tratta quindi di coinvolgere il soggetto che apprende e promuovere una forma di *metacoscienza* che rafforza nel soggetto la fiducia in se stesso e nelle sue capacità: si tratta, come titola Novak, di *imparare ad imparare*.

Vediamo ora alcune caratteristiche delle mappe concettuali in modo da renderne più agevole la lettura.

Le mappe concettuali dovrebbero rispecchiare un ordine gerarchico che vede a un livello superiore i concetti a carattere più generale e via via in un sistema a cascata i concetti più specifici; a detta degli autori ciò stimola, in chi costruisce la mappa, la capacità di scomporre un concetto nelle sue parti. Molti insegnanti trovano questo aspetto artificioso e criticano il carattere gerarchico. Il carattere gerarchico delle mappe, secondo Novak, dipende soprattutto dal punto di vista da cui si guarda

ad un determinato argomento, se si cambia il punto di vista, cambia anche la gerarchia ossia la stessa mappa, al massimo con alcune differenze, viene letta in modo diverso; anche in quest'ultimo caso il nuovo concetto dominante sarà uno dei concetti fondamentali della materia trattata.

Le figure 16 e 17 contengono la stessa mappa, relativa alle reazioni chimiche ed alla spiegazione microscopica di quanto osservato solo che in un caso si privilegia il punto di vista fenomenologico ed in quell'altro il punto di vista particellare.

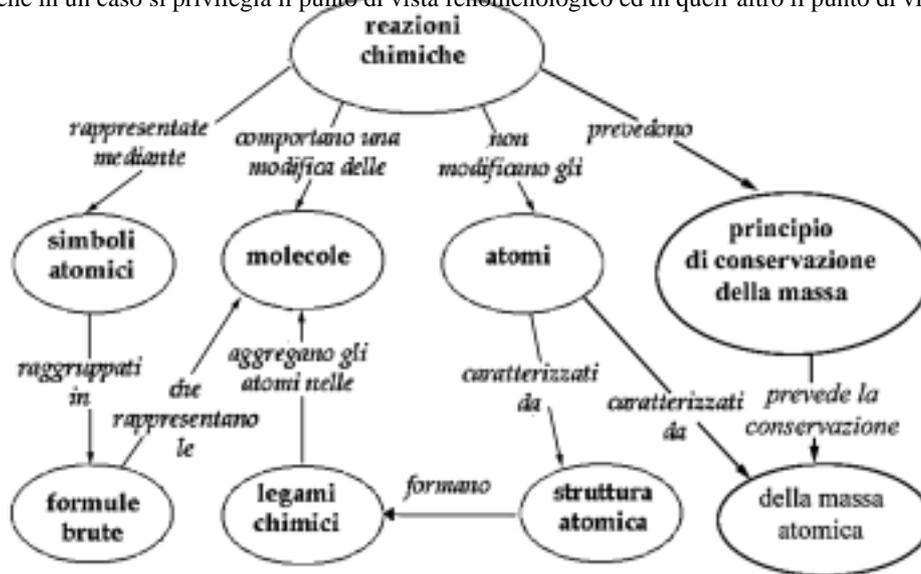


Figura 16



Figura 17

**136** Se un concetto è legato a numerosi altri, è probabile che sia un concetto gerarchicamente importante e viene definito *concetto chiave*: maggiore è il numero delle connessioni, più definito e più solidamente assimilato risulta il concetto stesso.

Una mappa di fatto può assumere varie configurazioni, mostrando una struttura ciclica, ad albero, a rete ecc. Nella struttura ad albero abbiamo una evidente gerarchizzazione mentre nella struttura a ciclo ogni gerarchia dei concetti sparisce.

Tra due concetti possono sempre esistere numerosi collegamenti, tra questi si sceglie quello che esplicita meglio l'aspetto logico che si vuole illustrare e, analogamente a quanto avviene nella scelta della gerarchia, dipende dalla impostazione didattica dell'argomento.

La mappa può essere arricchita e complicata indefinitamente e tende, come si è detto, a riprodurre in una qualche maniera l'organizzazione mentale degli argomenti, in ambito didattico la mappa, crescendo, riassume istante per istante ciò che si è imparato; bisogna comunque osservare che oltre un certo limite di complessità la mappa diviene poco funzionale.

Sottolineiamo che queste costruzioni logiche sollecitano l'intuizione (sintesi) che permette a sua volta di scoprire nuovi collegamenti; quindi le mappe possono stimolare l'approfondimento degli argomenti. Questa costruzione promuove l'analisi dei concetti generali e la loro articolazione in concetti più specifici o addirittura in esempi, promuove inoltre la metacoscienza cioè la consapevolezza dei propri processi mentali, tappa fondamentale per il raggiungimento di un apprendimento autonomo.

L'efficacia delle mappe concettuali si fonda molto sulla memoria visiva, ma, se si fa studiare a mente una mappa, puntando su di un apprendimento meccanico, se ne contraddice il principio costitutivo che discende dalle teorie di Ausubel e se ne vanifica il significato.

Sul piano affettivo la costruzione delle mappe da parte del discente o del discente in collaborazione con il docente nella prassi ha mostrato l'indubbio pregio di riuscire a coinvolgere e stimolare il discente per cui si presenta come un possibile strumento della didattica attiva.

Le mappe concettuali riassumono la materia assimilata, quindi possono essere utilizzate per verificare l'apprendimento, anche se l'uso delle mappe concettuali come strumento di accertamento è piuttosto problematico.

Volendo raffinare gli strumenti di accertamento, si può ad esempio utilizzare il metodo dell'intervista clinica, usando nel contempo una mappa concettuale previamente costruita per organizzare l'intervista stessa o ancora si può partire da un concetto chiave e fare costruire dallo studente la corrispondente mappa che verrà poi confrontata con una mappa campione dell'insegnante.

Anche l'uso delle mappe concettuali come ogni altro metodo di accertamento presenta degli inconvenienti: mentre la libera costruzione delle mappe permette di cogliere meglio la varietà e la ricchezza di quanto è stato appreso, l'uso di questionari permette una verifica più puntuale. Novak fornisce suggerimenti su come effettuare la misurazione delle mappe ma il metodo risulta un poco macchinoso; in questa sede non viene affrontato l'argomento in quanto per fare questo bisognerebbe, come specifica lo stesso Novak, introdurre ulteriori temi quali i legami trasversali, la conciliazione integrativa o la differenziazione concettuale progressiva.

Un altro uso possibile delle mappe consiste nell'accertamento delle preconoscenze, che possono condizionare pesantemente l'apprendimento successivo, e costituiscono un ambito ampio e multiforme di sapere, spesso solo in parte prevedibile.

In questo caso l'uso dei questionari può lasciare in ombra aspetti importanti e punti di vista inconsueti, mentre una interrogazione (intervista) molto aperta può rischiare d'essere dispersiva e poco strutturata, viceversa la costruzione di una mappa, dopo adeguato addestramento degli studenti, permette, una volta fissati i concetti fondamentali, di lasciare liberi gli studenti di individuare le relazioni e le gerarchizzazioni tra i concetti stessi. Le mappe così compilate ci restituiscono una immagine viva di ciò che hanno appreso in precedenza, delle loro lacune e delle loro intuizioni (*mappa delle preconoscenze*).

Un altro tipo di accertamento consiste nel registrare come si modifica per il singolo individuo una mappa concettuale durante un certo percorso didattico, addirittura in questo caso si può seguire il processo *in itinere*.

Novak in un suo lavoro<sup>25</sup>, svolto in collaborazione con i suoi colleghi del Dipartimento di Chimica, ha controllato mediante mappe concettuali come procedeva l'apprendimento dei concetti relativi ai vari tipi di cromatografia. Il metodo consiste nell'introdurre i concetti fondamentali mediante una mappa concettuale di partenza e di confrontare questa con la corrispondente mappa costruita dopo l'apprendimento.

In tutti questi casi il rilevamento del cambiamento avvenuto è immediato, mentre più problematico si presenta il compito di quantificare il cambiamento e di tradurlo in una forma di valutazione.

<sup>25</sup> D. Pendley, R. L. Bretz, J. D. Novak, J. Chem. Ed., **71**, 9. (1994)

# L'ATOMO DAL RINASCIMENTO ALLA MECCANICA QUANTISTICA

## UN'ANALISI STORICO-ESPISTEMOLOGICA DI FONDAMENTALE

### VALENZA DIDATTICA

**Giovanni Villani**

*Istituto per i Processi Chimico-Fisici del CNR*

*Via G. Moruzzi, 1 - Pisa*

*villani@ipcf.cnr.it*

#### 1. Introduzione

Gli aspetti storici ed epistemologici dei concetti scientifici rappresentano una ricchezza didattica da non sottovalutare. L'approccio storico può svolgere, infatti, in didattica un ruolo importante sia per motivare gli studenti sia per combattere una visione scientifica cumulativa, di "verità scoperte una volta per tutte". Generalmente, i libri scolastici (ed universitari) riportano solamente qualche cenno storiografico, ma sul concetto d'atomo, la cui importanza nella scienza moderna e contemporanea è difficile da sopravvalutare, spendono qualche parola in più. Qualche volta vanno indietro nel tempo, persino fino ai Greci e a Democrito. Io credo che il concetto d'atomo sia tra quelli che meglio si adattano ad una trattazione storica ed epistemologica. Tuttavia, tale trattazione non può essere "aneddotica", come spesso è quella dei libri scolastici, ma deve individuare il filo conduttore dell'evoluzione di tale concetto. Quello che, infatti, va sottolineato è che tale concetto, pur nella sua continuità terminologica, ha subito notevoli cambiamenti nel tempo al punto da passare da cardine di una visione riduzionista della materia ad una possibile ottica anti-riduzionista<sup>1,2</sup>. Scopo di questo lavoro è di evidenziare i punti salienti di tale trasformazione.

In classe, la presentazione storico-epistemologica del concetto d'atomo (anche nella difficile accezione contemporanea) dovrebbe stimolare una collaborazione tra il docente d'ambito scientifico e quello filosofico (forse anche con l'insegnante di religione), aiutare gli alunni a costruirsi una corretta immagine del mondo materiale e a riflettere sulle implicazioni filosofiche ad essa sottese. Io credo che l'immagine del mondo che la scienza contemporanea ha elaborato, e le problematiche filosofiche da essa aperte, siano cose "spettacolari" ed "inedite" e col tempo dovrebbero permeare anche la cultura in generale, e quella scientifica non specialistica in particolare. Va tenuto presente che il compito di creare una corretta immagine globale del mondo, e di evidenziare le implicazioni generali sottese, può essere svolto solo nella scuola perché solo in essa si organizza e si propone una trattazione complessiva ed organica del sapere scientifico e filosofico. Questo è un compito culturale cui gli insegnanti d'ambito scientifico non possono rinunciare, pena la perdita di valore generale per le loro discipline. In questo caso, le materie scientifiche insegnate diverrebbero solo dispensatrici di conoscenze "specialistiche" e facilmente si potrebbe far passare l'idea che tali materie sono "informative" non "formative". Inoltre, siccome tali informazioni specifiche sono "inutili" nella vita di tutti i giorni, la logica conseguenza sarebbe, nella migliore delle ipotesi, la riduzione dello spazio orario per le materie scientifiche se non la loro completa abolizione.

Fornire agli insegnati in formazione nelle SSIS le conoscenze storico-epistemologiche (compito al quale le università si sono totalmente sottratte) dei principali concetti scientifici, e di quello d'atomo in particolare, diviene un compito non solo importante, ma necessario.

#### 2. L'atomismo e la scienza nuova

Era cosa comune nell'antichità rimproverare agli atomisti di attribuire tutto al caso. Al contrario, essi erano stretti deterministi e credevano che tutto accadesse secondo leggi naturali. Democrito negava esplicitamente che qualcosa potesse accadere per caso. Leucippo è noto per avere detto: "Nulla accade per nulla, tutto ha un'origine e si compie per necessità". È vero che gli atomisti non hanno mai dato alcuna ragione per cui il mondo dovesse essere al principio in una particolare configurazione; questa, forse, poteva essere attribuita al caso. Una volta assodata l'esistenza del mondo in quella condizione iniziale, tuttavia, il suo ulteriore sviluppo per gli atomisti era inalterabilmente determinato da principi meccanici. Questi, a differenza di Socrate, di Platone o d'Aristotele, cercavano di spiegare il mondo senza introdurre la nozione di scopo o causa finale. Quando chiediamo "perché?" riguardo ad uno specifico fatto, possiamo intendere due cose: "Per quale scopo è accaduto questo fatto?" oppure "Quali precedenti circostanze lo hanno causato?". La risposta alla prima domanda genera una spiegazione teleologica, ossia una spiegazione per mezzo delle cause finali; la risposta alla seconda domanda genera una spiegazione causale, e nel caso specifico meccanicistica. L'atomismo di Democrito fu, infatti, una "teoria corpuscolare meccanicistica", ove il termine "meccanicistico" esprime in questo contesto l'idea che le particelle atomiche potevano influire l'una sull'altra solamente attraverso il contatto ed erano pertanto escluse forze d'attrazione o repulsione che potessero agire a distanza e influenze di natura psichica, come l'amore e l'odio. In particolare, la teoria atomica elaborata da Leucippo e da Democrito creò la prima immagine completamente meccanica del mondo materiale. È difficile oggi mettere in evidenza l'originalità di questi autori perché l'immagine del mondo quotidiano è così impregnata di meccanica che ci appare naturale, quasi inevitabile, pensare in questi termini. Questa non era la situazione di venticinque secoli fa e il merito

<sup>1</sup> G. Villani, *La chiave del mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole*, CUEN, Napoli 2001.

<sup>2</sup> G. Villani, "Dal concetto di atomo alla struttura molecolare della materia", in *Molecole. La chimica oggi: filosofia, storia e ricerca avanzata*, a cura di G. Villani, Cap. 3, CUEN, Napoli 2001, pp. 99-124.

di questi filosofi è stato, quindi, enorme.

La trattazione esclusivamente meccanica del mondo atomico portò all'atomismo greco (e poi romano) la fama d'ateismo. Questo causò una ferma opposizione della chiesa Cattolica a tale teoria durante tutto il Medio Evo. Bisognerà attendere il Rinascimento, ed il clima di maggiore tolleranza di quell'epoca, perché si creassero le condizioni per il riemergere della teoria di Democrito, ad opera di persone che cercarono di riconciliare la visione atomica con quella cattolica.

## 2a. Gassendi

La rinascita del concetto greco d'atomo è di solito attribuita a Pierre Gassendi [1592-1655]. Ovviamente, la visione atomica greca non era mai sparita del tutto dal panorama culturale occidentale, anche se fortemente avversata dalla Chiesa. Occorreva, tuttavia, un uomo di chiesa (Gassendi era canonico a Digne) per potere, se non eliminare almeno ridurre, il collegamento tra atomismo ed ateismo. Gassendi, nella sua formazione filosofica, metteva insieme tre culture: quella medioevale clericale, quella rinascimentale e quella scientifica. Egli si proponeva di fare una sintesi di queste tre visioni, per molti aspetti ritenute in opposizione.

L'immagine del mondo della materia di Gassendi era simile a quella di Democrito, a parte le differenze dovute a considerazioni teologiche. Gli atomi erano invisibili, ma non privi d'estensione, erano cioè divisibili matematicamente, ma non fisicamente; la natura ultima di questi atomi consisteva di *soliditas*, ossia di fermezza e impenetrabilità; essi erano pertanto sostanze permanenti e invariabili, che non differivano tra loro in qualità. Per Gassendi le proprietà caratteristiche dei singoli atomi erano la *moles* (la dimensione) e la *figura* (la forma), mentre come terza proprietà era aggiunta il *pondus* (il peso), non presente nella trattazione greca, ma introdotto da Epicuro (nel *De Rerum Natura*), secondo il quale era la gravità a mettere in movimento gli atomi nello spazio secondo un'unica direzione definita, dalla quale poteva allontanarli solo il misterioso *clinamen*. Il peso era, invece, concepito da Gassendi come una forza motrice intrinseca, come un impeto, impresso negli atomi da Dio all'atto della creazione e perdurante immutato sino alla fine del mondo.

Da sempre gli atomisti avevano considerato indispensabile l'esistenza di vuoti per il moto degli atomi. Gassendi assumeva l'esistenza di un *vacuum separatum*, di un vuoto infinito, nel quale Dio aveva creato il mondo finito; inoltre, all'interno di questo mondo, egli assumeva l'esistenza di un *vacuum disseminatum*, un aggregato di piccoli vuoti distribuiti tra i corpuscoli. Per Gassendi, gli atomi esistevano in un numero inconcepibile, ma finito di forme, mentre ciascuna singola forma era presente in un numero d'esemplari che era anch'esso assai grande, anche se finito. Accanto alle proprietà della *moles*, della *figura* e del *pondus*, che appartenevano ai singoli atomi, questo filosofo introdusse altre proprietà che si riferivano a gruppi d'atomi. Queste erano il *situs*, la situazione di un atomo rispetto all'ambiente che lo circondava e l'*ordo*, il modo in cui gli atomi erano disposti nei composti. Tali proprietà "ecologiche" e "strutturali" rendono la visione atomica di Gassendi ancora attuale.

Le spiegazioni di Gassendi non rendevano comprensibili le proprietà delle cose più di quelle degli atomisti greci. Infatti, o le proprietà che si osservavano su scala macroscopica nei corpi erano attribuite praticamente immutate alle particelle che costituivano quei corpi, oppure s'immaginava che fossero causate da raggruppamenti e movimenti degli atomi, che corrispondevano sì a certe sensazioni provate da noi, ma che lasciavano incomprensibile come prima il fatto che si avesse una particolare sensazione, e che si trattasse esattamente di quella sensazione. Gassendi stesso osservava che era un mistero perché noi percepiamo i movimenti atomici non come movimenti ma come sapore, odore, sensazioni di caldo e di freddo, suono, luce e cose del genere e giustamente chiamava occulta ogni forza e ogni qualità.

Per quanto riguarda la chimica, è interessante anche il fatto che Gassendi assegnava un'esistenza indipendente a particolari raggruppamenti d'atomi, che egli chiamava *concretiunculae*. Ciò rendeva possibile operare con i quattro elementi aristotelici (terra, acqua, aria e fuoco) o con i tre *principia* (mercurio, zolfo e sale) di Paracelso, non prendendo per il momento in considerazione il fatto che questi risultavano a loro volta composti d'atomi e il modo in cui ciò avveniva.

## 2b. Boyle

Agli albori dell'atomismo moderno, Boyle [1627-1691] fu il primo importante fisico a prendere sul serio la chimica, come strumento atto a sistemare la filosofia corpuscolare. Questo fu un tentativo ambizioso, un passo di grossa portata cui Galileo aveva posto le basi cambiando il moto - modificazione traslazionale - da processo in stato: Boyle compì lo stesso processo per la struttura della materia, prendendo in considerazione, dallo stesso punto di vista, la modificazione sostanziale. Boyle vide nella chimica la scienza che era in grado di *fondare* il meccanicismo e, insieme, di confermarne la validità. Per tale filosofo e scienziato, modificazione sostanziale non voleva dire penetrazione da parte di qualità attive - calore, colore, vita - e nemmeno un rimescolamento della sostanza del mondo fra categorie di forma. Egli sosteneva, invece, che il filosofo meccanico doveva considerare il cambiamento come un riordino delle parti di un mondo oggettivo.

Tuttavia, la formalizzazione della filosofia corpuscolare operata da Boyle non fu mai qualcosa di più di un'inferenza, un'asserzione sulla materia che - analogamente a quelle di Cartesio - fu nei fatti un'asserzione sul metodo. Fino a Dalton, cioè per più di cento anni ancora, la "filosofia corpuscolare" non poteva assumere quel significato positivo che deriva dall'essere rivestita di numeri. In Boyle perciò, come in Democrito, e in realtà in ambedue i secoli XVII e XVIII, l'atomismo costituiva una precondizione di una scienza oggettiva, più che la scoperta di una scienza sperimentale. Boyle diceva che la materia era un corpo finito e, quindi, le sue dimensioni dovevano essere limitate e misurabili; e anche se può cambiare la sua forma, per la stessa ragione, deve necessariamente avere una forma o un'altra. Boyle pensava che la "forma" degli atomi potesse dare una spiegazione delle proprietà fisiche e chimiche delle sostanze. Egli credeva, in sintonia con gli antichi atomisti (e contro quello che riterrà Newton), che l'adesione degli atomi fosse dovuta ad irregolarità della superficie dei corpuscoli (uncini, cavità, ecc.) e, quindi, un passaggio di stato potesse essere dovuto solamente alla rottura di queste protuberanze. Anche il concetto di struttura degli aggregati in Boyle era identico a quello degli atomisti classici e bisognerà attendere tempi migliori per trovarne una sua evoluzione. The Sceptical Chymist (1661) è una delle opere più famose (e più

fraintese) di Boyle<sup>3,4</sup>. Molti storici hanno visto presente in quest'opera la prima definizione moderna del concetto d'elemento chimico. In realtà Boyle riprese, in forma critica, la definizione degli elementi della trattatistica chimica del Seicento. Per Boyle, infatti, la materia non è costituita da pochi elementi, ma da particelle che si uniscono per formare concrezioni particellari (prima mixta) e che poi, mediante ulteriori combinazioni, costituiscono i corpi macroscopici. Su questo punto i testi sono molto chiari<sup>5</sup>: "Non vedo perché si debba necessariamente supporre che vi siano dei corpi primigeni e semplici, dai quali, come da elementi preesistenti, la natura sia obbligata a comporre tutti gli altri. Né vedo perché non possiamo immaginare che essa possa produrre l'uno dall'altro i corpi considerati misti mediante trasformazioni varie delle loro minuscole particelle, senza scomporre la materia in nessuna di quelle sostanze semplici e omogenee in cui si pretende che la scomponga". Altrettanto chiaramente<sup>6</sup>: "Il Sale, lo Zolfo e il Mercurio non sono principi primi e semplici dei corpi, ma piuttosto concrezioni primarie di corpuscoli e di particelle più semplici che risultano dotate delle affezioni prime o più radicali e più universali dei corpi più semplici, cioè grandezza, forma e movimento o riposo [...]. Le nostre spiegazioni sono meccaniche e più semplici e perciò devono essere ritenute più generali e più soddisfacenti".

I chimici del Seicento consideravano gli elementi come prodotti ultimi dell'analisi della natura e questi elementi erano universalmente presenti in tutti i corpi. In quest'ottica, Boyle affermò che le particelle della materia erano i soli elementi: per la teoria particellare il concetto di sostanze stabili o elementari era assolutamente inaccettabile. The Sceptical Chymist non propose, dunque, una visione moderna degli elementi; era piuttosto incentrato sulla sostituzione dell'approccio aristotelico e di quello paracelsiano con un approccio meccanico ai fenomeni della chimica. Tanto Boyle quanto Gassendi su questo punto la pensano allo stesso modo: gli elementi differenziati qualitativamente esistono solamente come aggregati particellari particolarmente stabili. Questa idea ben si riconnette all'idea totalmente riduzionista degli antichi atomisti. Una conseguenza della visione della materia come substrato omogeneo costituito di particelle fu l'accettazione della trasmutazione dei corpi. Boyle ammetteva, infatti, la possibilità che, attraverso le ristrutturazioni delle concrezioni particellari, qualunque sostanza potesse essere trasformata in un'altra di natura diversa.

### 3. L'atomismo del XVIII secolo

Nel Settecento gli atomi furono connotati di proprietà diverse da quelle classiche utilizzate fino ad allora. Noi non tratteremo qui in dettaglio le numerose posizioni presenti, ma accenneremo solamente a due alternative. Da un lato Diderot e Maupertuis, con i loro "atomi viventi", e dall'altro Boscovich, con i suoi "atomi puntuali".

La prima posizione esaminata è interessante perché tenta una soluzione al problema, quello dell'emergenza del vivente, ancora largamente aperto e la cerca nell'ambito di una visione riduzionista che, in quanto tale, nega che la vita rappresenti qualcosa di nuovo e la riconduce agli stessi atomi. Riguardo agli atomi puntuali di Boscovich invece, essi meritano una menzione perché sono tornati in auge in questa epoca d'eliminazione, da parte della fisica, della materia. Per esempio, un fisico dei nostri giorni Leon Lederman ha sottolineato l'importanza degli atomi puntuali di Boscovich nella fisica odierna<sup>7</sup>. Altrove ho mostrato, come il concetto di massa (e la sottesa materia) sia andato sfumando in questo ultimo secolo<sup>8</sup>. Gli atomi puntuali di Boscovich, centri di forza e non di materia, possono quindi essere visti come un primo tentativo d'eliminazione della sostanza della materia, in un'epoca in cui essa era ancora una delle proprietà essenziali, se non la principale. Per i fondatori dell'atomismo greco niente distingueva gli atomi della materia animata da quelli della materia inerte. Uno dei cardini della filosofica di Cartesio, invece, era proprio la dicotomia di questi due tipi di sostanze, ma poiché egli avversava la visione atomica della materia non si pose il problema se questa dicotomia esistesse o no nel mondo atomico. Nel Settecento gli atomisti Pierre Louis Moreau de Maupertuis [1698-1759] e Denis Diderot [1713-1784], per opporsi a questa dicotomia assegnarono a tutti gli atomi alcuni principi d'intelligenza, avversione, memoria, ecc. Infatti, era per loro evidente l'impossibilità delle forze fisiche materiali di rendere conto delle manifestazioni della vita. "Supporre che piazzando vicino ad una particella morta una, due o altre tre particelle morte, uno possa formare il sistema di una quantità di corpo vivo, sembra a me una flagrante assurdità"<sup>9</sup> diceva Diderot. Da una parte la necessità di rendere conto della vita e dall'altra l'esempio del cibo, inanimato, che diventava parte dei corpi vivi portò questi autori a parlare di "punti viventi" e di attribuire, quindi, a tutti i costituenti fondamentali questa proprietà. Da un punto di vista generale, che una visione riduzionista sia insufficiente ad affrontare il problema dell'emergenza della vita era apparso chiaro a molti pensatori. Infatti, molti delle critiche alla visione atomistica della realtà in verità era più critiche rivolte alla visione meccanicistica e riduzionista di tale atomismo, più che all'atomismo stesso, soprattutto sul problema della vita e dell'uomo. La posizione dei due filosofi francesi non fa altro che ribadire l'impossibilità di capire completamente il vivente in quell'ottica filosofica. Infatti, per rendere comprensibile la vita in un'ottica riduzionista, bisogna attribuire le proprietà della vita agli stessi atomi. Non vorrei essere frainteso. Io qui non sto certo sostenendo una posizione vitalistica o una posizione dualistica alla Cartesio. Quello che qui si vuole, invece, sottolineare è qualcosa di più generale. Se per rendere comprensibile le proprietà d'oggetti

<sup>3</sup> F. Abbi, *Le origini della chimica moderna*, in Storia della Scienza Moderna e Contemporanea, diretta da Paolo Rossi, Dalla rivoluzione scientifica all'età dei lumi, vol. 1, pp. 358-361.

<sup>4</sup> P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari 1997, pp. 223-225.

<sup>5</sup> R. Boyle, *Il chimico scettico*, trad. it. Boringhieri, Torino 1962, pp. 296-97.

<sup>6</sup> R. Boyle, *The sceptical Chymist*, London 1772, LV, 281.

<sup>7</sup> L. Lederman e D. Teresi, *The God Particle*, Dell Publishing, New York 1993.

<sup>8</sup> G. Villani, *La chiave del mondo*, cit., Capitolo 2.

<sup>9</sup> D. Diderot, *Entretiens entre d'Alambert et Diderot*, Flammarion, Paris 1965, in B. Pullman, *The Atom in the history of human thought*, Oxford University Press, New York Oxford 1998, pp. 148-149, (mia traduzione).

macroscopici (sia pure dei più complessi: i sistemi viventi), di un insieme d'atomi, si deve assumere che queste proprietà sono presenti nei singoli enti dell'insieme, credo che questa sia la migliore dimostrazione che una visione riduzionista della realtà ci fa perdere le proprietà "emergenti" dall'insieme e non ottenibili né nei singoli componenti né in una loro semplice collezione.

La filosofia di Leibniz si basava sulle monadi che erano una sorta di "atomo metafisico", un "punto d'energia". Mettendo insieme Newton e Leibniz, R. G. Boscovich [1711-1787] costruì una visione atomica originale. Egli descriveva il mondo come popolato da una moltitudine di particelle, viste come centri di forza, e quindi senza estensione, ed assolutamente tutti identici. Il loro comportamento era governato da un solo tipo di forza. La sua idea era che a grandi distanze tale forza fosse attrattiva, ma a piccole distanze diventasse repulsiva e rendeva impossibile agli atomi di toccarsi. Era questa forza che rendeva gli atomi impenetrabili. La superficie rigida degli atomi democritei era quindi rimpiazzata dalla regione d'equilibrio tra questi due comportamenti della stessa forza. La diversità delle cose osservate era dovuta solo ad una differenza di numero, posizione e relativa distanza dei loro atomi. Era la prima volta che gli atomi erano assunti tutti identici e le differenze trasferite ancora di più a grandezze geometriche (posizione relativa). Inoltre la natura dinamica di questi atomi rendeva anche il concetto di vuoto, che era stato la controparte degli atomi classici, inutile. Possiamo dire che con Boscovich si raggiunge il culmine del riduzionismo: atomi tutti uguali e un solo tipo di forza. Non sorprende, quindi, il suo "ripescaggio" da parte di fisici alla ricerca della "Teoria del tutto"<sup>10</sup>. Va comunque precisato che gli atomi di Boscovich restavano però materiali e non immateriali, come le monadi di Leibniz.

#### 4. L'atomismo del XIX secolo

La visione atomica della materia, anche dopo la sua "riscoperta" in epoca rinascimentale, rimase a lungo inapplicabile al campo chimico. Due erano i motivi, uno pratico l'altro concettuale, che si frapponevano al concreto utilizzo di tale ipotesi in chimica. Partiamo da quello pratico. Gli atomi non erano "rivestiti" di numeri, non esisteva una qualche loro proprietà quantificabile. L'aspetto concettuale della visione atomica classica che più si scontrava con la teoria e la pratica chimica era, invece, rappresentato dall'uniformità qualitativa degli atomi. Gli atomi democritei, quelli di Gassendi, quelli di Boyle o quelli di Boscovich erano tutti qualitativamente simili, o meglio, non avevano altre qualità che quelle quantitative della forma (quelli di Boscovich neppure questa), della dimensione e del movimento. Era invece ben noto che la materia chimica si comportava in maniera qualitativamente differenziata. Ogni sostanza aveva "simpatia" per alcune e "antipatia" per altre sostanze. Come queste differenze qualitative si trasformassero in quelle quantitative a livello microscopico non era per niente chiaro.

##### 4a. La nascita dell'atomismo moderno: Dalton

Le questioni aperte per trasformare l'ipotesi atomica in teoria atomica furono risolte da Dalton e questo spiega perché, nonostante non sia stato l'inventore dell'ipotesi atomica in chimica, questo autore sia ricordato come il padre dell'atomistica chimica. È solo quando si trovò il modo di *misurare* (ovviamente in modo indiretto) delle proprietà atomiche, e tale proprietà con Dalton sarà il peso, che l'ipotesi atomica diventerà un banco di prova scientifico e non una precondizione. È solo quanto si trovò il modo di *differenziare* oltre che le sostanze macroscopiche anche quelle microscopiche, e anche questo fu opera di Dalton, cioè quando si posero le basi per andare oltre il riduzionismo da sempre implicito nell'ipotesi atomica, solo allora la teoria atomica cominciò ad avere reale effetto in chimica. Quando J. J. Berzelius [1779 - 1848], da un breve riassunto di Wollaston in Nicholson's Journal, seppe della teoria atomica di Dalton (solo nel 1812 ricevette dallo stesso Dalton una copia del *New System*) capì immediatamente che un'interpretazione corpuscolare delle regolarità analitiche era "il più grande passo che la chimica aveva fatto verso la sua completezza come scienza"<sup>11</sup>. Infatti, la definizione d'elemento chimico data da Lavoisier<sup>12,\*</sup> aveva volutamente separato il piano macroscopico, determinabile sperimentalmente, da quello microscopico. È con Dalton che questa separazione sarà rimossa costituendo, di fatto, l'aspetto caratterizzante della spiegazione chimica: la compresenza del piano microscopico e di quello macroscopico, atomi ed elementi, molecole e composti, ambedue qualitativamente differenziati.

Fu lo stesso Dalton<sup>13</sup>, probabilmente sbagliando anche le date, a raccontarci come gli era venuta in mente l'idea che gli atomi potessero essere di differente grandezza: "considerando ulteriormente questa questione mi è venuto in mente che non avevo mai tenuto conto dell'influenza della differenza di grandezza delle particelle dei fluidi elastici [...] Questo pensiero mi è nato nel 1805. Presto ho potuto stabilire che le grandezze delle particelle dei fluidi elastici debbono essere diverse [...] Dopo che fu riconosciuta tale differenza di grandezza delle particelle per i fluidi elastici presi nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione, sorse il problema di definire le loro grandezze e pesi relativi, come pure il numero relativo degli atomi contenuti in un determinato volume [...]. Così è stata preparata la strada per la determinazione del *numero* e del *peso* di tutte le sostanze chimiche elementari che entrano tra loro in combinazione di vario genere". In tal modo Dalton giunse all'idea originale che gli atomi dei differenti elementi chimici fossero diversi in peso tra di loro e che ogni elemento fosse costituito da atomi identici. Dalton introdusse, quindi, una nuova concezione di massa chimica esprimendola con il peso atomico dell'elemento. Il 6 settembre 1803 apparve nel suo giornale di laboratorio la prima tabella dei pesi atomici. Inoltre la teoria dell'esistenza di pesi atomici diversi portò Dalton alla scoperta della legge delle proporzioni multiple da cui discesero due importanti conseguenze:

<sup>10</sup> J. D. Barrow, *Teorie del tutto. La ricerca della spiegazione ultima*, Adelphi, Milano 1992.

<sup>11</sup> J. J. Berzelius, in W. H. Brock, *The Fontana History of Chemistry*, Fontana Press, Glasgow 1992, p. 152 (mia traduzione).

<sup>12</sup> A. L. Lavoisier, in C. J. Gillispie, *Il criterio dell'oggettività. Un'interpretazione della storia del pensiero scientifico*, Il Mulino, Bologna 1981, p. 242. \* "se con il termine *elementi* vogliamo indicare gli atomi semplici e indivisibili di cui è costituita la materia, allora è molto probabile che non sappiamo praticamente nulla di essi; ma se usiamo il termine *elementi*, o *principi dei corpi*, per esprimere la nostra idea del limite cui possiamo arrivare con la nostra analisi, allora dobbiamo includere fra gli elementi tutte le sostanze in cui siamo capaci di scomporre, con qualsiasi mezzo, i corpi".

<sup>13</sup> J. Dalton, in C. J. Gillispie, *Il criterio dell'oggettività*, cit., p. 245.

- a) la composizione dei composti chimici aveva carattere discontinuo;
- b) i rapporti quantitativi degli elementi che formavano diverse combinazioni con un altro elemento erano dati da rapporti tra numeri interi.

La teoria di Dalton implicava quattro assunzioni, ragionevoli ma di base.

- 1) Tutti i materiali erano costituiti d'atomi solidi e indivisibili. Diversamente dalle particelle elementari di Boscovich, gli atomi di Dalton non contenevano spazio vuoto interno. Essi erano completamente incompressibili. Tuttavia, accettando il modello calorico di Lavoisier, essi erano circondati da un'atmosfera di calore, differente per i diversi stati d'aggregazione (solido, liquido e gassoso) della materia.
- 2) Gli elementi chimici, e quindi gli atomi che li componevano, erano aggregati in maniera diversa ma non distrutti nelle reazioni chimiche. Se infatti non si fosse assunta questa legge di conservazione delle masse e degli elementi la trasmutazione cercata dagli alchimisti e dai primi chimici sarebbe stata possibile.
- 3) Vi erano tanti tipi differenti d'atomi quanti erano gli elementi chimici introdotti da Lavoisier. Diversamente da tutta la tradizione atomistica precedente per Dalton non esisteva una sostanza primaria ed uniforme, base comune di tutta la materia.
- 4) Si poteva determinare il peso atomico relativo con particolari tecniche sperimentali; acquistava quindi esistenza realmente scientifica quella che, fino a questo momento, era stata l'*ipotesi atomica*.

Le prime tre tesi portarono Dalton completamente al di fuori della tradizione atomistica precedente. Questa ultima aveva sempre enfatizzato che alla base della diversità qualitativa della materia esisteva una sostanza unica. È questo un momento fondamentale per la nascita della chimica come noi la intendiamo. Lavoisier aveva riconosciuto l'intrinseca differenza qualitativa della materia macroscopica, ricavandone l'indicazione dell'esistenza di molti elementi, cioè sostanze non ulteriormente decomponibili a patto di staccare questa diversità macroscopica, accertabile empiricamente, dalla sua base teorica microscopica. È con Dalton, e con le sue prime tre assunzioni, che si completa il processo d'inclusione dell'aspetto *qualitativo*, sia macroscopico che microscopico, nella chimica. Diceva Dalton: "Alcuni filosofi hanno immaginato che tutta la materia, per quanto dissimile, è probabilmente la stessa cosa, e che la grande varietà delle sue sembianze si origina da certe proprietà che le vengono conferite e dalla varietà di combinazioni e arrangiamenti di cui è suscettibile [...]. Secondo me esiste un considerevole numero di quelle che possono essere chiamate *elementari*, che non possono andare incontro a *metamorfosi* l'una nell'altra"<sup>14</sup>. Con la quarta ed ultima assunzione si trovava la via sperimentale per *misurare* gli atomi che da questo momento diventavano oggetti non dissimili dagli oggetti macroscopici.

#### 4b. L'ipotesi di Prout

Sebbene basata su semplici assunzioni la teoria di Dalton non era semplice da accettare. In particolare l'ipotesi d'esistenza di tanti tipi diversi d'atomi, quanti erano gli elementi chimici, creava l'esistenza di circa cinquanta atomi diversi. Molti chimici ritenevano impossibile che Dio si fosse servito di cinquanta differenti tipi di blocchi per la sua costruzione del mondo. Ancora nel 1864 Lothar Meyer [1830-1895] diceva che: "L'esistenza di sessanta e più forme di materia primordiale interamente differenti è improbabile; la conoscenza di certe proprietà degli atomi, specialmente le relazioni esibite dai pesi atomici di elementi differenti, renderebbe tutto ciò altamente improbabile"<sup>15</sup>. Vi era scetticismo che Lavoisier avesse realmente identificato delle sostanze elementari, e che, quindi, gli atomi sovrapposti a tali sostanze da Dalton fossero realmente diversi. Tale scetticismo si rinforzò con i lavori sperimentali di Davy che mostrò che alcuni elementi di Lavoisier non erano tali. Come conseguenza di ciò molti chimici del XIX secolo si rifiutavano di chiamare tali sostanze "elementi" e preferivano usare la circonlocuzione "corpi non decomposti", intendendo con ciò "corpi non ancora decomposti". In molte occasioni Davy diede per implicito che i "corpi non decomposti" contenevano elementi più semplici, per esempio idrogeno. Questo atteggiamento fu di stimolo a William Prout [1785-1850]. Egli notò che i pesi atomici di molti elementi erano quasi esattamente multipli di quello dell'idrogeno e, quindi, suppose che gli atomi pesanti fossero formati dall'aggregazione di più atomi di idrogeno. In altre parole, se il peso atomico del cloro era 36 (assumendo per l'idrogeno peso atomico 1), questo indicava che 36 atomi di idrogeno si erano condensati per formare questo atomo. Prout aveva così trovato la sostanza unica e uniforme che componeva tutta la materia: l'idrogeno. Le due assunzioni: i pesi atomici (rispetto all'idrogeno assunto come unità di misura) sono interi e l'idrogeno è l'unica sostanza elementare costituiscono la cosiddetta "ipotesi di Prout". In realtà<sup>16</sup>, a partire dalla metà dell'Ottocento, la battaglia per affermare l'esistenza di una "materia prima", dalla condensazione della quale avevano preso origine tutti gli atomi degli elementi, sarà combattuta nel nome di Prout, ma lo stratega principale e teorico sarà in effetti Dumas<sup>17</sup>: "Così ci troviamo di fronte di due opinioni. Una, che sembra esser stata seguita da Berzelius, conduce a considerare i corpi semplici della chimica minerale come esseri distinti, indipendenti gli uni dagli altri, le molecole dei quali non hanno niente di comune, se non la loro fissità, la loro immutabilità, la loro eternità. Si avrebbero tante materie distinte per quanti sono gli elementi chimici. L'altra, al contrario, consente di supporre che le molecole dei diversi corpi semplici attuali potrebbero essere costituiti proprio dalla condensazione di una materia unica, come per esempio l'idrogeno, accettando tuttavia, ben inteso, come vera la relazione osservata dal Dr. Prout e anche come fondata la scelta della sua unità. Questa condurrebbe all'ammissione che quantità simili di questa materia unica potrebbero, mediante arrangiamenti differenti, costituire elementi o radicali dello stesso peso, ma dotati di proprietà distinte [...]. Infine, grazie alla loro presunta composizione, essa assimilerebbe i radicali supposti semplici della chimica minerale ai

<sup>14</sup> J. Dalton, in C. J. Gillispie, *Il criterio dell'oggettività...*, cit., p. 250.

<sup>15</sup> L. Meyer, *Die moderne theorien der Chemie*, 1864, in A. Di Meo, *Atomi e molecole fra due secoli (XIX e XX)*, Atti della III<sup>a</sup> Scuola Estiva "Fondamenti Metodologici, Storia e Didattica della Chimica", Pisa 2000, a cura di E. Niccoli, P. Riani e G. Villani, p. 116

<sup>16</sup> A. Di Meo, *Atomi e molecole ...*, cit., p. 76.

<sup>17</sup> J. Dumas, memorie presentate all'Académie des sciences di Parigi nel 1857 e nel 1858 e poi ripubblicate più estesamente nel 1859 nelle *Annales de chimie et de physique*, in A. Di Meo, *Atomi e molecole ...*, cit., p. 76-77.

radicali composti della chimica organica la cui costituzione è conosciuta; i primi, tuttavia, differiscono dai secondi per una stabilità infinitamente più grande e tale che le forze di cui la chimica dispone oggi sarebbero insufficienti ad operarne lo sdoppiamento". L'adesione di Dumas alla ipotesi di Prout, quindi, e l'analogia fra radicali organici e corpi semplici, nasceva dalla constatazione che i radicali organici (per esempio radicale cianidrico -CN) si comportavano come se fossero degli enti dotati di una propria individualità chimica, relativamente irriducibile. Essi, quindi, pur essendo composti, erano assimilabili agli elementi, nell'ambito della reattività chimica più comune. Da qui l'idea che anche i corpi semplici ed elementari (all'epoca in numero di 60) non fossero altro che radicali composti di una sostanza ancora più elementare che al momento non era stato possibile ricavare per via analitica.

L'ipotesi di Prout che riguardava il peso atomico poteva essere soggetta a sperimentazione. Quando si trovò che era falsa non per questo si abbandonò l'idea di Prout. Diceva infatti Dumas<sup>18</sup>: "Siccome la legge di Prout non è confermata nella sua espressione assoluta, e siccome gli equivalenti dei corpi semplici non sono tutti multipli di quello dell'idrogeno secondo un numero intero, bisogna concluderne che Prout ha scritto nella storia della scienza una illusione e non una verità? Questa non è la mia opinione. Prout aveva riconosciuto: 1° che gli equivalenti dei corpi semplici comparati a una certa unità si rappresentavano per mezzo di numeri interi; 2° che questa unità sembrava essere l'idrogeno, vale a dire il corpo il cui peso equivalente finora è il più leggero. A mio avviso la prima parte della legge di Prout rimane sempre vera. Gli equivalenti dei corpi semplici sono tutti multipli secondo un numero intero di una certa unità; solo che [...] questa unità per il cloro, il bario, il manganese, il cobalto, il nickel, sarà rappresentata da un corpo sconosciuto il cui equivalente avrebbe un peso eguale alla metà di quello dell'idrogeno. Raddoppiando gli equivalenti dell'alluminio, dello zinco e dello stronzio, si sarebbe anche dispensati di porre l'unità più in basso, se nient'altro ci obbligasse a mantenerli. Ora, poiché si vede che la maggior parte degli elementi meglio studiati hanno equivalenti rappresentati da numeri interi, sembra naturale porre l'unità più in basso per far rientrare i corpi eccezionali nella regola, e non di negare l'esistenza di una regola che tanti esempi confermano".

Dal nostro punto di vista epistemologico l'ipotesi di Prout rappresenta l'ennesimo tentativo di negare, in campo chimico, la pluralità delle sostanze elementari annullando il lavoro fatto da Lavoisier e da Dalton. Dietro questo tentativo vi è la visione riduzionista della realtà, che, come abbiamo cercato di mostrare, è stata sempre presente in molti atomisti, a partire da Democrito.

L'ipotesi di Prout influenzò a lungo la chimica ed in molti chimici sopravvisse fino ai lavori sugli isotopi di Francis Aston, negli anni venti del XX secolo e, forse, anche oltre. Essa si riconnette anche al concetto di atomo che verrà fuori dopo la scoperta della radioattività e del quale parleremo in un prossimo paragrafo. Inoltre, l'annuncio nel 1859 di Darwin della teoria dell'evoluzione degli esseri viventi portò in chimica un'equivalente ipotesi: gli elementi più pesanti si erano evoluti dal più leggero di tutti, l'idrogeno.

Vi erano inoltre autori, come Lothar Meyer, che non ritenevano in contrasto l'ipotesi daltoniana e quella del protilo (nome dell'unica sostanza ritenuta elementare): bastava ritenere la materia strutturata gerarchicamente secondo ordini crescenti di complessità e composizione. Le molecole dovevano essere considerate sostanze composte del primo ordine, cioè composte da atomi più piccoli (o particelle del secondo ordine); questi, a loro volta, erano composti di particelle di materia di un terzo ordine, e ancora più semplici e più piccole. Questa ipotesi era in grado di dare una soluzione a un problema molto sentito dai chimici: quello di dare unità e/o coerenza alla molteplicità degli oggetti che loro stessi ricavano dalla loro pratica sperimentale, specialmente di quelli semplici o elementari. Ancora oggi, vi è senz'altro molto di condivisibile in questo modo di ragionare se si assume che ad ogni ordine di complessità si generano proprietà *nuove*, irriducibili a quelle di altri livelli di complessità.

#### 4c. L'atomo e l'elettricità: Berzelius

Il concetto di atomo presso i chimici del XIX secolo oscillò tra i due estremi mostrati nei paragrafi precedenti e che possiamo identificare con i nomi di Dalton e Prout. Da un lato vi furono chimici dell'importanza di J.J. Berzelius [1779-1848] e D. Mendeleev [1834-1907] che, partendo dall'ipotesi di Dalton, portarono a due conquiste importanti come la fusione del concetto di atomo e di elettricità e la possibilità di raggruppare gli atomi e gli elementi, tenendo conto del loro peso atomico. Dall'altro H. Davy [1778-1829], J.B. Dumas [1800-1884] ed altri che erano di fatto scettici sull'ipotesi atomica e aprirono la strada alla visione alternativa degli "equivalenti"<sup>19</sup>. Qui svilupperemo l'idea di Berzelius di elettrificare l'atomo; l'altra grande conquista, quella del sistema periodico è stata sviluppata altrove<sup>19</sup>.

Dalton aveva presentato la sua teoria atomica nel contesto dei problemi legati al calore. Negli stessi anni Alessandro Volta [1774-1827] descriveva per la prima volta una semplice macchina in grado di generare corrente: la pila. Questa scoperta indirizzò i chimici verso i fenomeni elettrici. Quasi immediatamente si trovò che la pila poteva decomporre l'acqua nei suoi due elementi. Di per sé questo non faceva altro che confermare quanto già ottenuto da Lavoisier, e da altri prima di lui; la scoperta addizionale fu che l'idrogeno e l'ossigeno erano eliminati dall'acqua ai due poli elettrici opposti: quello dove si eliminava l'ossigeno divenne, per definizione, il polo positivo e l'altro il negativo. I chimici che più si lanciarono in questo nuovo campo furono Davy, Faraday e Berzelius, mostrando ancora una volta che, sebbene partendo da punti di vista generali diversi se non opposti (in questo caso la visione atomica contro lo scetticismo sul concetto di atomo), nella pratica scientifica molti scienziati poi sono più vicini di quanto le loro idee generali lascerebbero pensare.

L'interpretazione della teoria di Dalton da parte di Berzelius fu pubblicata nel 1813 negli *Annals of Philosophy* e Dalton la criticò a più riprese. Infatti, mentre Dalton non aveva mai parlato di atomi sferici o atomi della stessa grandezza, questi divennero i cardini della visione atomica di Berzelius che usò queste considerazioni per spiegare l'isomorfismo dei cristalli scoperto da Mitscherlich (il fatto che sali contenenti differenti metalli possono dare la stessa forma di cristalli e solidificare

<sup>18</sup> J. Dumas, memorie ..., cit., in A. Di Meo, *Atomi e molecole* ..., cit., p. 79-80.

<sup>19</sup> G. Villani, *La chiave del mondo*, cit., Capitolo 4.

in composti misti senza una proporzione definita). Dalton criticò anche l'idea di introdurre l'elettricità negli atomi; tuttavia, fu la versione elettrificata dell'atomo che fu accolta dai chimici e non quella esclusivamente corpuscolare di Dalton. C'era, infatti, un certo numero di problemi connessi con la visione atomica di Dalton che, sebbene non completamente risolti da Berzelius, divenivano più comprensibili nello schema del chimico svedese. In particolare, Dalton non aveva sviluppato nessuna teoria dell'interazione tra gli atomi, in perfetta sintonia con Democrito e la tradizione storica dell'atomismo, mentre Berzelius esplorò l'idea che le polarità elettriche potessero spiegare il legame tra gli atomi e la reattività.

Nello stesso periodo delle ricerche di Dalton, Gay-Lussac ricavava l'omonima legge che stabiliva che "i gas si combinano tra di loro in proporzioni volumetriche semplici". Dalton non accettò la validità di questa legge. Non è difficile capire perché tale legge non poteva essere accettata da Dalton. La legge di Gay-Lussac diceva che in eguali volumi di gas, sotto le stesse condizioni di temperatura e di pressione, vi erano lo stesso numero, o un semplice multiplo, di particelle. Questo implicava che le particelle dei gas potevano rompersi. Per esempio, nel caso della sintesi dell'acqua:



le particelle dell'ossigeno si dovevano dividere per andare a confluire nelle due nascenti particelle d'acqua. Riguardo all'apparente contraddizione tra Gay-Lussac e Dalton, Berzelius pensava che quello che in una teoria era chiamato atomo nell'altra era chiamato volume, ma questi ultimi avevano il vantaggio di essere sperimentali, mentre gli atomi erano solo un'ipotesi. Per Berzelius il problema si risolveva abbandonando la regola della semplicità che aveva portato Dalton a HO per l'acqua e ponendo l'acqua uguale a H<sub>2</sub>O (per la simbologia vedere<sup>20</sup>). Tuttavia non bisogna pensare che Berzelius ritenesse possibile che le particelle di idrogeno e ossigeno fossero biatomiche, che è la corretta risposta al problema della compatibilità tra la legge di Gay-Lussac e la teoria di Dalton. Infatti, come Dalton riteneva ciò impossibile per la repulsione dovuta al calore, per Berzelius era la repulsione elettrica a rendere ciò impossibile. Per salvare la legge di Gay-Lussac, Berzelius suppose che i composti gassosi al momento della combinazione diminuivano in volume, poiché diminuivano le forze repulsive tra gli elementi aggregando gli atomi.

A questo punto si può aggiungere, e gli storici della chimica generalmente lo fanno, che nel 1811 Amedeo Avogadro [1776-1856] aveva correttamente spiegato l'apparente disaccordo tra Dalton e Gay-Lussac asserendo che in eguale volume di gas vi erano eguale numero di molecole e queste potevano contenere più atomi. In realtà l'ipotesi di Avogadro ebbe scarsissimo impatto sui chimici e solo in seguito fu riesumata da un altro chimico italiano: Stanislao Cannizzaro [1826-1910]. Quindi grande merito va all'intuizione di Avogadro, ma, purtroppo per lui e per la chimica, precorreva troppo i tempi.

## 5. Il concetto di atomo all'inizio del XX secolo

Agli inizi del XX secolo, la teoria atomica era praticamente universalmente accettata. Se ha senso in scienza usare una data come spartiacque, la pubblicazione del libro *Les Atoms* di Jean Perrin [1870-1942] nel 1913 segnò la definitiva vittoria dell'atomismo. Per esempio, Perrin usando tredici metodi sperimentali diversi, determinò il valore del numero di Avogadro e tutti erano consistenti, mostrando in maniera inequivocabile che gli atomi si potevano "contare". Il successo di Perrin convinse anche Wilhelm Ostwald e Henri Poincaré, che erano stati scettici sulla reale esistenza degli atomi, a ricredersi. Poincaré disse<sup>21</sup>: "l'ipotesi atomica ha recentemente acquisito abbastanza evidenza da cessare di essere una mera ipotesi". A questo punto è giusto chiederci quale atomismo era venuto fuori da duemila cinquecento anni di dispute, prima di iniziare a trattare la nuova rivoluzione per l'atomismo costituita dalla meccanica quantistica.

Iniziamo con distinguere due atomismi: quello che va da Democrito alla fine del XVIII secolo (e che possiamo anche chiamare *atomismo riduzionista*) e quello del XIX secolo. Sotto molti aspetti essi sono simili; l'unica differenza fondamentale è l'esistenza o meno di atomi qualitativamente differenziati. L'atomismo riduzionista è quello dei puri corpuscoli. Essi, intrasformabili ed omogenei, sono fatti tutti della stessa materia e si differenziano solamente per la loro forma. Questo atomismo ha sempre avuto nella spiegazione degli aggregati il suo punto debole. Non convinceva, infatti, che la giustapposizione di questi atomi potesse dare qualcosa di sostanzialmente diverso. Dice Hegel [1770-1831], e prima di lui l'avevano detto Aristotele ed altri, "Ancora, e questo è il punto essenziale, fin a quando a questi atomi, a queste molecole, a queste minuscole particelle è concesso di mantenere la loro indipendenza, le loro unioni possono solo avvenire meccanicamente; una volta unite, questi elementi rimangono esterni uno all'altro, la loro vera unione è puramente esterna"<sup>22</sup>. Il significato di questa critica fondamentale è chiaro. La critica di Hegel all'atomismo era centrata sull'incapacità di questa teoria a spiegare le proprietà "nuove" dei composti poiché formati per semplice contatto tra gli atomi. In pratica il problema della reale natura del legame chimico è irresolubile nello schema atomico riduzionista perché solo degli atomi "realmente" interagenti possono di fatto legarsi. All'epoca di tipi differenti di interazione fisica se ne conoscevano tre: quella gravitazionale, quella elettrica e quella magnetica. Newton e tutti i suoi seguaci, avevano optato per quella gravitazionale, magari con l'aggiunta di un comportamento repulsivo (Boscovich) a corta distanza per evitare agli atomi di collassare. Quella elettrica sarà sponsorizzata principalmente da Berzelius e quella magnetica sarà proposta da alcuni fisici nel XX secolo, ad esempio A. Parson. L'atomismo di Dalton non risolveva il problema del nuovo che si generava nell'unione di due atomi. Tuttavia, poiché essi erano differenti qualitativamente diveniva più "comprensibile" che la molecola che si otteneva avesse proprietà qualitativamente diverse. Esso poneva il problema delle qualità allo stesso modo della Scolastica aristotelica medievale<sup>23</sup>.

<sup>20</sup> G. Villani, *La chiave del mondo*, cit., Capitolo 12.

<sup>21</sup> H. Poincaré, in B. Pullman, *The Atom ...*, cit., p. 256, (mia traduzione).

<sup>22</sup> G. W. F. Hegel, *La science de la logique. La théorie de la mesure*, Presses Universitaires de France, Parigi 1970, in B. Pullman, *The Atom ...*, cit., p. 211, (mia traduzione).

La scoperta dell'elettrone nel 1897 da parte di J. J. Thomson [1856-1940] cambiò la prospettiva nello studio del legame chimico ed introdusse il concetto di "struttura atomica". Della sua influenza sul concetto di legame chimico qui non ce ne occuperemo. Ora ci occuperemo, invece, della nascita del concetto di "struttura atomica". Tale strutturazione dell'atomo ha notevoli conseguenze, sia in campo scientifico sia in quello epistemologico. Ritornando a Thomson, egli trovò che i raggi catodici, prodotti da una scarica elettrica in un tubo contenente gas rarefatti, erano formati da particelle che trasportavano una carica elettrica negativa. Questo provava la natura corpuscolare dell'elettricità. Una volta determinata da Millikan la carica elettrica, dal rapporto noto tra la massa e la carica elettrica si ottenne per questa particella una massa 1836 volte più piccola di quella dello ione idrogeno e per tale particella fu utilizzato il nome di "elettrone" che G. J. Stoney aveva coniato in precedenza (1891) in riferimento alla quantizzazione della carica elettrica nel fenomeno dell'elettrolisi. In seguito Thomson dimostrò che le proprietà degli elettroni erano le stesse indipendentemente dal tipo di gas che aveva generato i raggi catodici. Da ciò egli dedusse che gli elettroni erano costituenti di tutti gli atomi, e si riallaccia esplicitamente all'ipotesi di Prout, "la maniera più semplice e diretta per spiegare questi fatti si trova nella visione della costituzione degli elementi chimici accettata da molti chimici, e cioè che gli atomi dei diversi elementi chimici sono aggregati differenti di atomi dello stesso genere" (e nell'articolo cita Prout)" e anche "poiché gli elettroni possono essere prodotti da tutti gli elementi chimici, noi dobbiamo concludere che essi entrano nella costituzione di tutti gli atomi. Noi abbiamo quindi fatto il primo passo verso la comprensione della struttura dell'atomo"<sup>24</sup>.

La presenza degli elettroni negli atomi portò a molte domande di cui le tre principali erano: quanti elettroni erano presenti in ogni atomo, dove risiedeva la carica positiva e come spiegare la massa degli atomi. Queste problematiche costituiscono gli ingredienti di un solo concetto: la struttura atomica. Praticamente insieme, Lord Kelvin [1824-1907] e J.J. Thomson, proposero la prima struttura atomica. Il modello di Kelvin del 1902 prevedeva una nuvola di carica positiva, uniformemente distribuita, nella quale gli elettroni erano inseriti per ottenere una situazione di equilibrio e di neutralità. Nel 1903-1904 Thomson propose un modello atomico, detto "plum-pudding" (budino) modello nel quale l'elettrone veniva inglobato come "plums" (uva passa) in una matrice sferica di carica positiva. Inoltre Thomson pensava che la massa fosse dovuta principalmente agli elettroni e, quindi, negli atomi vi erano migliaia di queste particelle. Nel 1911 E. Rutherford [1871-1937] elaborò il modello planetario dell'atomo. L'elemento centrale di questo atomo era il nucleo, molto più piccolo dell'atomo, di carica positiva e che portava la quasi totalità della massa. Attorno vi ruotavano gli elettroni, in numero non così elevato come per Thomson. Ogni tipo di atomo era caratterizzato dal suo numero di elettroni e quindi per la neutralità, da un'eguale carica nucleare. L'atomo di Rutherford era un atomo dove predominava il vuoto. Nel 1920 Rutherford diede a questo nucleo atomico il nome di "protone".

Due critiche possono essere mosse al modello planetario di Rutherford ed ambedue erano presenti nella mente degli scienziati dell'epoca e anche in quella di Rutherford. Generalmente nei libri è trattata solamente una di queste due obiezioni che, stranamente, è anche la più difficile da spiegare agli studenti. L'altra, a mia conoscenza, è sparita del tutto dal bagaglio didattico odierno. Vediamole in dettaglio. La prima critica, quella riproposta in tutti i libri scolastici e non solo, è che il modello di Rutherford non regge dal punto di vista dell'elettrodinamica classica. Infatti, un elettrone in rotazione intorno ad una carica positiva dovrebbe perdere energia per emissione di radiazione elettromagnetica e, dopo un movimento a spirale, cadere sul nucleo. Che ciò non avvenisse nell'atomo era dimostrato tanto dalla sua stabilità quanto dal suo spettro che dava una frequenza di emissione fissa e non variabile, come sarebbe dovuta essere per un elettrone che si avvicinasse sempre più al nucleo. Questa obiezione, dal punto di vista didattico, va assunta e basta. Non è infatti pensabile di dimostrare matematicamente il movimento a spirale dell'elettrone secondo l'elettrodinamica classica.

La seconda obiezione era che un sistema meccanico come quello planetario non era in grado di spiegare le caratteristiche specifiche di ogni tipo di atomo e la loro costanza, indipendentemente dalle condizioni di ottenimento. Per capire questa obiezione bisogna partire dal sistema solare<sup>25</sup>. Ai fini di questo argomento, riveste particolare importanza il fatto che le leggi della gravitazione consentono a un pianeta di girare in più modi intorno al sole: il pianeta può percorrere una qualsiasi orbita di forma ellittica. Le orbite specifiche, percorsi di fatto dai pianeti, non possono essere determinate dalle leggi fondamentali del moto, ma solo dalle cosiddette "condizioni iniziali", vale a dire dalle condizioni prevalenti nel momento in cui il sistema si è costituito. Condizioni iniziali leggermente diverse avrebbero prodotto orbite diverse e perturbazioni, come l'urto tra pianeti, porterebbero sicuramente questi in orbite diverse. Questo è un tratto caratteristico del pensiero fisico ottocentesco: le leggi fondamentali determinano solo il carattere generale del fenomeno; esse ammettono una molteplicità continua di realizzazioni. I fenomeni che di fatto si realizzano dipendono da effetti la cui azione si è esercitata prima che il fenomeno possa svolgersi senza interferenze dall'esterno. È possibile prevedere, in base alle leggi, il corso esatto degli eventi sole se è nota con esattezza la situazione relativa a un certo istante del passato. Da un punto di vista della fisica matematica questa è una conseguenza del fatto che rappresentiamo le leggi di natura sotto forma di equazioni differenziali, ossia di algoritmi in cui l'uscita è determinata in maniera univoca, oltre che dalla forma dell'equazione, dalle condizioni particolari. Infatti un'equazione differenziale ha una soluzione generale e quella particolare si ottiene utilizzando le informazioni sulle condizioni iniziali. L'atomo, tuttavia, manifesta molte proprietà che non ci si aspetterebbe in un sistema planetario. In questo contesto la principale è che "tutti gli atomi di una stessa sostanza sono identici". Il fatto che, indipendentemente dalla loro provenienza e dalla loro storia precedente, una sostanza pura presenti sempre le stesse identiche proprietà, deve stupirci. L'identità dei singoli atomi contrasta in modo netto con quanto ci possiamo aspettare da un sistema meccanico, in particolare da un sistema meccanico come quello planetario. Se l'atomo fosse un sistema del tipo "sistema

<sup>23</sup> G. Villani, *La chiave del mondo*, cit., Capitolo 3.

<sup>24</sup> J. J. Thomson, *The Atomic Theory*, Clarendon Press, Oxford 1914.

<sup>25</sup> G. Villani, *La chiave del mondo*, cit., Capitolo 6.

solare”, sarebbe estremamente improbabile trovare due atomi uguali. La difficoltà aumenta se consideriamo che in un gas gli atomi si urtano l’un l’altro moltissime volte al secondo. Secondo la meccanica classica, ognuno di questi urti dovrebbe modificare in maniera sostanziale le orbite degli elettroni, come l’urto dei pianeti modificherebbe quelle planetarie. Di fatto, tuttavia, dopo ogni urto gli atomi riacquistano in pieno la loro “forma” originale.

Da quest’ultima obiezione parte Bohr per elaborare un nuovo modello atomico, il primo con caratteristiche “inusuali” se confrontato con gli oggetti macroscopici. È lo stesso Bohr a dircelo<sup>26,\*</sup>: “My starting point was not at all the idea that an atom is a small-scale planetary systems and as such governed by the laws of the astronomy. I never took things as literally as that. My starting point was rather the stability of matter, a pure miracle when considered from the standpoint of classical physics. By ‘stability’ I mean that the same substances always have the same properties ... This cannot be explained by the principles of the classical mechanics, certainly not if the atom resembles a planetary system”.

Il modello che Bohr introdusse è ben noto. Andiamo, tuttavia, a fissarne le due caratteristiche principali.

1. Contrariamente alla meccanica classica, agli elettroni in un atomo sono permesse solo particolari orbite con energia costante o, in maniera equivalente, a una distanza fissa dal nucleo; tali orbite sono assunte circolari; questo non poteva che essere un’approssimazione perché, come ben sapeva Bohr, avendo assunto una forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza l’orbita risultante era ellittica.
2. L’emissione e l’assorbimento di radiazione da parte di un atomo sono messe in relazione con il cambiamento di orbita di un elettrone e la frequenza di emissione/assorbimento è  $h\nu = E_1 - E_2$ , con  $E_1$  e  $E_2$  le energie dell’elettrone nelle due orbite.

Nel modello di Bohr, essendo le orbite degli elettroni fissate, esse potevano essere etichettate da un numero “n”, crescente al crescere dell’energia e della distanza dal nucleo. In particolare, il quadrato di “n” entrava nella formula dell’energia. Per ogni fissata orbita elettronica esisteva un determinato momento angolare, anch’esso quantizzato, e che identificava un secondo numero “l”. Il passaggio da l’orbita circolare a quella ellittica fu operato da Sommerfeld e portò ad un altro numero quantico “m”. Infine, i lavori di Goudsmit, Uhlenbeck e Paoli portarono all’introduzione del quarto numero quantico, “s”. Fu la seconda caratteristica, quella legata al “salto” tra le due orbite, che ricevette più critiche. Questi salti spiegavano la variazione discontinua nell’assorbimento o emissione, ma aprivano subito un altro problema: era tale transizione istantanea? se no, dove era l’elettrone durante il salto? Questa concetto di transizione tra stati fu criticato da molti fisici. Per esempio, Louis de Broglie [1892-1987] si poneva il problema che questi salti non potevano essere descritti nello spazio e Schrödinger si chiedeva se il salto fosse da considerarsi graduale o improvviso. Se fosse stato graduale si era in contraddizione con lo spettro discontinuo di un atomo; se fosse stato improvviso, quale legge governava il suo movimento durante il salto? In altre parole<sup>\*\*</sup>: “the whole idea of quantum jumps is sheer fantasy”. La risposta di Bohr è interessante<sup>\*\*\*</sup>: “What you say is absolutely correct. But it does not prove there are no quantum jumps. It only proves that we cannot imagine them”. D’altra parte le ipotesi di Bohr permisero di calcolare il raggio dell’atomo d’idrogeno, il suo potenziale di ionizzazione e di riprodurre correttamente la serie spettrale di Balmer per questo atomo.

Nel caso dell’atomo d’idrogeno vi era un solo elettrone e questo occupava ovviamente l’orbita a più bassa energia; negli atomi più complessi quale era il numero massimo di elettroni che un’orbita poteva contenere? Questo problema fu ben presente nella mente di Bohr, ma trovò una soluzione solo nel 1926 con W. Pauli [1900-1958] e con l’introduzione di un quarto numero quantico, quello di spin, e l’esplicitazione del principio di esclusione che asseriva che non vi erano mai due elettroni con gli stessi quattro numeri quantici. Quindi in un orbita potevano trovare posto al massimo due elettroni con numero quantico di spin opposto.

Intanto la struttura dell’atomo si arricchiva di un altro protagonista: il neutrone. Nel 1932 James Chadwick trovò nel nucleo atomico una particella di massa quasi uguale a quella dei protoni, ma senza carica elettrica. Questa particella spiegava la discrepanza tra la massa dell’atomo e quella che si otteneva dalla somma dei soli protoni ed elettroni. Questa particella spiegava anche l’esistenza degli isotopi, che sono atomi di uno stesso elemento che esibiscono quasi le stesse proprietà chimiche, ma hanno massa diversa perché differiscono tra loro per il numero di neutroni. Gli isotopi furono scoperti da Frederick Soddy nella serie degli elementi radioattivi e poi da Francis Aston in molti altri elementi. Con la scoperta degli isotopi cadde uno dei principali presupposti di Dalton: per ogni elemento esiste un solo tipo di atomo. La scoperta di acque di diverso peso era stata rigettata da Dalton proprio in base a questo principio: “Noi possiamo allora concludere che le particelle ultime di tutte le sostanze omogenee sono perfettamente identiche in peso, forma, ecc.”<sup>27</sup>. Ancora nel 1914 J. J. Thomson ripeteva quasi le stesse parole: “tutte le particelle di una data sostanza hanno esattamente la stessa massa [...] tutti gli atomi di un dato elemento sono identici”<sup>28</sup>.

<sup>26</sup> Una conferenza tenuta a Göttingen nel 1922, in B. Pullman, *The Atom in the history...*, cit., pp. 262-263.

\* “Il mio punto di partenza era per niente l’idea che un atomo è un sistema planetario su scala ridotta e come tale governato dalle leggi dell’astronomia. Non ho preso mai letteralmente le cose in quel modo. Il mio punto di partenza era piuttosto la stabilità della materia, un puro miracolo quando considerato dal punto di vista della fisica classica. Per ‘stabilità’ io intendo che le stesse sostanze hanno sempre le stesse proprietà ... Ciò non può essere spiegato dai principi della meccanica classica, certamente non se l’atomo assomiglia ad un sistema planetario”.

\*\* “l’intera idea dei salti quantici è fantasia pura”

\*\*\* “Quello che tu dici è assolutamente corretto. Ma questo non prova che non ci sono salti quantistici. Questo prova solamente che non possiamo immaginarceli”.

<sup>27</sup> J. Dalton, *A new system of chemical philosophy*, in B. Pullman, *The Atom ...*, cit., p. 270, (mia traduzione).

<sup>28</sup> J. J. Thomson, in B. Pullman, *The Atom ...*, cit., p. 270, (mia traduzione).

## 6. Il concetto di atomo nella meccanica quantistica

Come detto, la visione atomica agli inizi del XX secolo sembrava aver raggiunto una certa coerenza quando cambiò di nuovo tutto. Dopo che alla radiazione era stata attribuita la doppia natura di onda e particella, nel 1924 Louis De Broglie estese questa doppia natura, corpuscolare e ondulatoria, anche alla materia. Lo stesso De Broglie nel 1963 disse che da lì nasceva la meccanica quantistica: “uno potrebbe legittimamente cercare se questa peculiare dualità onda-particella, [...] non rifletta una profonda e nascosta natura del quanto di azione e se uno non dovrebbe aspettarsi una simile dualità dovunque la costante di Planck sia coinvolta [...] Il ruolo degli interi nel caratterizzare gli stati stabili degli elettroni negli atomi sembrano quasi sintomatici. Gli interi sono frequentemente coinvolti, come si verifica, in tutte le branche della fisica che trattano delle onde [...] Era allora semplicemente naturale sospettare che le regole di quantizzazione dovrebbe riflettere qualche proprietà ondulatoria degli elettroni negli atomi”<sup>29</sup>. Una delle più interessanti conseguenze della relazione di De Broglie, che associava a ogni particella di momento  $p$  una lunghezza d'onda  $h/p$  con  $h$  costante di Planck, era che applicata agli elettroni in un atomo dava un'elegante interpretazione delle regole di quantizzazione “queste regole esprimono la proprietà che l'onda associata con l'elettrone è in risonanza lungo la sua traiettoria; in altri termini, esse mostrano che l'onda associata con uno stato stazionario di un elettrone in un atomo è essa stessa un'onda stazionaria nel senso della convenzionale teoria delle onde”<sup>29</sup>.

La dualità onda-particella per la materia fu ispirata a Louis de Broglie dall'idea di assegnare una massa al fotone tenuto conto che per la legge di Planck  $E=h\nu$  e per quella di Einstein  $E=mc^2$ . Il fisico francese, lavorando all'inverso, partendo dalla massa della particella vi assegnò una frequenza. L'idea di de Broglie altera in maniera sostanziale la visione del mondo microscopico. Da questo momento in poi l'immagine di atomo-pallina coglie solo una parte di “verità” della realtà microscopica e, tramite questa, dell'intera realtà. L'impatto della formula di De Broglie sulla nascente meccanica quantistica fu veloce. Due anni dopo, nel 1926 Erwin Schrödinger<sup>30,31</sup> diede vita a quella branca della fisica nota come “meccanica ondulatoria”. La base di questa nuova meccanica era l'equazione d'onda o equazione di Schrödinger. Nella meccanica ondulatoria le funzioni d'onda delle particelle erano chiamate “orbitali”; essi prendevano il posto delle orbite del modello di Bohr. Schrödinger considerava queste funzioni d'onda “reali”, come erano reali per le onde acustiche. Egli pensava che esse rappresentassero vibrazioni fisiche che avvenivano in tutte le direzioni dello spazio. In particolare, spariva la natura duale della materia (onda-particella) e quest'ultima era un'onda che, tramite interferenze costruttive in una regione limitata di spazio, “somiigliava” al movimento di una particella della meccanica classica. La difficoltà maggiore era che la funzione d'onda era immaginaria, nel senso matematico del termine, e ciò rendeva difficile associarla ad una reale vibrazione.

Una interpretazione completamente diversa del significato della funzione d'onda fu proposto già nel 1926 da Max Born<sup>32,33,34</sup> [1882-1970] che introdusse un punto di vista probabilistico nell'universo subatomico. Leon Lederman<sup>7</sup>, il fisico dell'alta energia già citato per gli atomi di Boscovich, considera questa interpretazione come “il cambiamento più drammatico e profondo nella nostra percezione del mondo da Newton”. Tenendo conto della natura complessa della funzione d'onda, il principio di Born stabilisce che il quadrato del modulo della funzione d'onda ad un dato punto e ad un dato istante è una misura della probabilità che la corrispondente particella possa essere trovata in quel punto e in quell'istante. Questa interpretazione probabilistica cambia notevolmente il nostro modo “normale” di intendere la localizzazione di una particella. Non si può più dire che all'istante  $t$  la particella è nel punto  $P$ , ma solo che esiste una certa probabilità che ciò avvenga. In pratica la particella può essere dovunque nello spazio e non esiste possibilità di localizzarla con “certezza”. Questa fu una radicale rottura con l'interpretazione di Schrödinger che, in un modo classico possiamo dire, vedeva nella funzione d'onda una descrizione di una reale onda materiale. I chimici per visualizzare ciò pensano all'elettrone come dissolto in una nuvola elettronica, la densità di questa nuvola elettronica in un dato punto corrisponde alla probabilità della presenza dell'elettrone in quel punto, cioè al quadrato della sua funzione d'onda. Questa è ovviamente solo una rappresentazione grafica mentale per visualizzare l'aspetto probabilistico della funzione d'onda.

Va precisato che, nell'interpretazione di Born della funzione d'onda, l'aspetto probabilistico è molto diverso da quello della probabilità classica, applicata per esempio nell'ottocento alla teoria dei gas. In questo ultimo caso il sistema era considerato del tutto deterministico e solo la nostra impossibilità a padroneggiare l'enorme mole di traiettorie, dovute alla grande quantità di atomi presenti anche in piccole porzioni di gas, rendeva necessaria un'approssimazione statistica. Nella meccanica quantistica la situazione è completamente diversa. È nella “natura” delle particelle la sua componente probabilistica e non nella nostra incapacità o ignoranza.

Su questo stesso punto un notevole effetto è stato svolto anche il lavoro di W. Heisenberg [1901-1976]. Nel 1925 Heisenberg propose un approccio alternativo alla meccanica ondulatoria di Schrödinger, noto come meccanica matriciale. Qui non entreremo nel dettaglio, e neppure cercheremo di accennare, a cosa sia questo tipo di meccanica, ma ne sottolineeremo solo due aspetti. Il primo punto da evidenziare è che questo formalismo matematico era presentato da Heisenberg come alternativa formale alle descrizioni “realistiche” degli atomi. Il secondo punto fondamentale del lavoro di Heisenberg è l'elaborazione del *principio di indeterminazione*. Esso stabilisce che il prodotto dell'incertezza sulla posizione e sul momento non può essere più piccolo della costante di Planck divisa per  $2\pi$ . Sebbene tale principio può essere visto come una conseguenza

<sup>29</sup> L. De Broglie, *The revolution in physics: A non-mathematical survey of quanta*, Greenwood Press, Oxford 1914.

<sup>30</sup> E. Schrödinger, *Quantisierung als Eigenwertproblem*, *Annalen der Physik* 79, 1926, pp. 361-376; traduz. inglese *Quantization as a problem of proper values*, in E. Schrödinger, *Collected Papers on Wave Mechanics*, Blackie & Son, London 1928.

<sup>31</sup> E. Schrödinger, *Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen*, *Annalen der Physik* 79, 1926, pp. 734-756.

<sup>32</sup> M. Born, *Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge*, *Zeitschrift für Physik* 37, 1926, pp. 863-867.

<sup>33</sup> M. Born, *Quantenmechanik der Stossvorgänge*, *Zeitschrift für Physik* 38, 1926, pp. 803-827.

<sup>34</sup> M. Born, *Zur Wellenmechanik der Stossvorgänge*, *Göttinger Nachrichten* 1926, pp. 146-160.

algebraica dell'approccio matematico di Heisenberg, esso può essere introdotto in un modo più empirico, come fece lo stesso autore, per mezzo di un esperimento mentale.

Supponiamo di voler determinare il più accuratamente possibile il movimento di un elettrone in un atomo, cioè la sua posizione ed il suo momento. A questo fine, decidiamo di usare un microscopio. Occorre un microscopio che usi una radiazione di piccola lunghezza d'onda, per esempio i fotoni dei raggi  $\gamma$ . Noi sappiamo che la posizione ed il momento dell'elettrone sono perturbati dall'impatto dei fotoni attraverso il fenomeno detto "effetto Compton". Quanto più precisamente cerchiamo di determinare la posizione dell'elettrone, per esempio aumentando la frequenza della radiazione, tanto più i fotoni diventano più energetici e variano di più il momento dell'elettrone. E viceversa. Questo problema non può essere superato cambiando strumento di misura ed impone un limite alla risposta del sistema alla nostra misura, intrinseco alle proprietà del mondo delle particelle elementari. Nella fisica quantistica la misura di una variabile può ridurre la possibilità di conoscerne un'altra. Bachelard osserva che prima di Heisenberg l'errore su due variabili indipendenti erano essi stessi indipendenti mentre ora vi può essere una correlazione tra gli errori.

Il principio di indeterminazione ebbe notevoli conseguenze su quello che per millenni era stato considerato l'ipotesi fondante degli studi scientifici: il determinismo. Celebre era stata la frase di Pierre Simon de Laplace [1749-1827] "Un'intelligenza che conoscesse ad un dato istante tutte le forze in natura e la posizione di ciascuna entità in essa, se avesse il potere di sottoporre tutta questa conoscenza ad analisi, sarebbe capace di contenere in una singola formula i movimenti di tutte le cose, dal più grande corpo fisico nell'universo al più leggero atomo: niente sfuggirebbe alla sua comprensione, e il futuro, esattamente come il passato, sarebbe subito presente davanti ai suoi occhi"<sup>35</sup>. Heisenberg aveva, invece, introdotto una "nebbia quantistica". Se non possiamo determinare simultaneamente la posizione ed il momento di una particella ad un dato istante, come possiamo predire in maniera assoluta il futuro? Esiste una determinata posizione ed un determinato momento di una particella? Sono queste le domande alle quali la meccanica quantistica deve ancora dare una risposta chiara e che portano al problema della "realtà del mondo microscopico", mondo così diverso da quello macroscopico con il quale abbiamo un costante contatto.

#### 6a. Differenze ed affinità tra l'atomo classico e quello quantistico

Alla fine di questa panoramica che ha tracciato la storia del concetto di atomo dal Rinascimento ai giorni nostri, ci poniamo la domanda, trattata in letteratura<sup>36</sup>, se la teoria atomica dei greci può essere considerata come il vero precursore dell'odierna teoria atomica. A questa domanda hanno risposto in maniera diversa molti scienziati e filosofi. La gamma delle risposte va dal netto "sì", al "no" deciso, passando per posizioni più sfumate. Io credo che a questa domanda si possa ragionevolmente dare una doppia risposta, a secondo che ci si ponga in una continuità storica dell'evoluzione del concetto o si faccia un confronto diretto tra il concetto di atomo di oggi e quello di venticinque secoli prima. D'altra parte per qualunque concetto scientifico, e non, se si confronta l'accezione odierna ad un'altra storica si cade sempre in questa dicotomia. Tale discorso lo si potrebbe applicare al concetto di massa, a quello concetto di forza, di legge fisica, ecc.

La teoria atomica di Leucippo e Democrito è effettivamente e storicamente configurabile come il vero precursore dell'odierna teoria atomica se si prende atto che, nel corso dei secoli, effettivamente gli scienziati che facevano capo alla visione atomica si richiamavano idealmente e concretamente a quei pensatori greci. La teoria atomica di Leucippo e Democrito è invece a tal punto diversa da quella odierna, e per molti versi esiste un'opposizione di principio tra queste due visioni atomiche, al punto da non potere essere considerata la progenitrice dell'attuale teoria atomica.

Dato quindi atto della continuità storica della visione atomica, passiamo a vedere in dettaglio quali sono le caratteristiche dell'atomo dei greci che si sono conservate e quali sono state sostituite nella odierna visione atomica. Schematizziamo in pochi punti l'atomo democriteo.

1. L'atomo è la particella elementare della materia.
2. Gli atomi hanno diverse grandezze e diverse forme; essi sono in numero e di tipi infiniti, differenti appunto per forma e dimensioni.
3. L'atomo è impenetrabile ed indivisibile perché non contiene nessun vuoto.
4. Gli atomi sono tutti qualitativamente identici, o meglio non hanno in sé qualità, se non quelle sopraddette, matematicamente identificabili.
5. Secondo la teoria atomica, tutti i mutamenti sostanziali o qualitativi che osserviamo nei corpi fisici vengono ricondotti ai movimenti degli atomi.
6. Nel processo di aggregazione, gli atomi non perdono la loro identità; essi restano in contatto, giustapposti.
7. Secondo la teoria atomica tutte le differenze qualitative fra le varie sostanze composte vengono attribuite alle differenze di forma, di dimensione, di posizione, di distribuzione e di condizione di movimento degli atomi.

Nella odierna teoria atomica:

1. L'atomo odierno non è più la particella elementare della materia. Esso è costituito da un nucleo, che contiene protoni e neutroni, e dagli elettroni. Gli elettroni sono particelle elementari e, insieme ai *muoni*, alla particella *tau* e a tre tipi di neutroni, formano la famiglia dei *leptoni*; i protoni ed i neutroni appartengono alla famiglia degli *adroni* e non sono particelle elementari e, come altre particelle, sono costituiti dai sei tipi di *quark*. I sei leptoni e i sei quark formano il *modello standard* dell'universo. Questi corpuscoli sono comunque solo una parte del quadro attuale delle particelle elementari perché bisogna ancora aggiungere le particelle corrispondenti alle forze di interazioni, il prototipo delle quali è il fotone per il campo elettromagnetico. L'attuale visione fisica corpuscolare presenta dodici particelle elementari che formano la materia ordinaria e dodici particelle elementari che trasmettono la forza. Includendo la differenziazione

<sup>35</sup> P. S. Laplace, *Essai philosophique sur le probabilités*, Parigi 1814.

<sup>36</sup> B. Pullman, *The Atom ...*, cit., pp. 332-333.

- dei quark in “colori” e le antiparticelle si arriva a sessanta.
2. Per gli atomi si può ancora parlare di differente grandezza se si intende con questo termine la posizione media degli elettroni più distanti dal nucleo. Tutti gli elettroni hanno una distanza media dal nucleo, la vecchia orbita di Bohr, funzione del numero quantico principale. In genere, tanto più alto è questo numero quantico tanto più questi elettroni sono “mediamente” più lontani dal nucleo. Quindi, un atomo con molti elettroni, e che riempie quindi dei gusci di valenza ad alto numero quantico principale, ha, in questo senso, un raggio maggiore. Naturalmente queste grandezze atomiche non sono in numero infinito. Riferendosi alla grandezza classica si potrebbe dire che l’atomo di ogni elemento (e di ogni ione) ha una grandezza fissata. Si vede che, sebbene in un certo senso si possa ancora parlare di “raggio atomico”, siamo a concetti diversi dalla dimensione dei corpuscoli pensata dai greci. Riguardo alla forma essa ha perso la rilevanza che aveva in ambito greco. Gli orbitali atomici hanno ancora una loro “forma”, ma non si parla di “forma atomica”. Inoltre, come per le dimensioni, in ogni caso le forme possibili sono poche, non certo infinite.
  3. L’atomo odierno non è né impenetrabile né indivisibile ed è, in larga parte, costituito di vuoto. La rimozione della proprietà d’impenetrabilità ha permesso di superare quello che per secoli è stato lo scoglio concettuale maggiore della visione atomica: la formazione degli aggregati. Nel punto (6) tratteremo esplicitamente questo aspetto. L’atomo odierno non è indivisibile. Apparentemente questa è la più grossa novità dell’atomo moderno, rendendo addirittura contraddittorio il nome, che, come è noto, l’etimologia fa risalire al termine greco “indivisibile”. In realtà questa differenza in ambito chimico non esiste e, forse, l’indivisibilità è proprio l’unica proprietà dell’atomo chimico moderno ad essere conservata intatta dall’atomo classico. Heisenberg riteneva che il termine atomo fosse più adatto ai protoni, agli elettroni, ai neutroni, ai mesoni, ecc. in quanto queste erano le “particelle elementari” della sua epoca. Oggi qualche fisico può ritenere adatto l’attribuzione del nome di atomo ai quark e alle altre attuali particelle elementari. Per il chimico odierno la particella elementare è e resta l’atomo. Questa idea era ben chiara a Kekulé nell’Ottocento<sup>37</sup>: “Anche se il progresso scientifico condurrà un giorno a una teoria della costituzione degli atomi chimici, per quanto importante tale conoscenza potrà essere per la generale filosofia della materia, essa porterà piccole differenze alla chimica. Gli atomi chimici saranno sempre i blocchi della costruzione chimica”.
  4. Gli odierni atomi sono diversi qualitativamente. Per ogni elemento (a parte il problema degli isotopi) esiste un solo tipo di atomo, e questo è un risultato non banale e non spiegabile nell’ambito della meccanica classica, e gli atomi di un elemento sono diversi qualitativamente da quelli di un altro. Dalton li aveva differenziati per peso; noi li differenziamo per costituenti e per la relativa struttura. L’importanza della “strutturazione” della materia e il suo rapporto con la differenziazione “qualitativa” sono stati da me trattati in dettaglio nel più volte citato *La chiave del mondo*.
  5. Come evidenziato nel punto precedente, gli atomi odierni hanno già una loro differenza qualitativa. Quella che osserviamo nei corpi macroscopici dipende tanto dalla loro differente natura, quanto dai movimenti, ma soprattutto dalle loro aggregazioni.
  6. Come detto nel punto (2) gli atomi non sono “impenetrabili”. Nel momento della loro associazione essi si “compennano”, nel senso che gli elettroni di valenza (o alcuni di essi) diventano patrimonio comune della molecola. L’esistenza di sostanze composte, realmente “nuove”, è diventata quindi comprensibile. L’appartenenza degli elettroni all’intera molecola e non più ai singoli atomi rende impossibile una visione molecolare nei termini di aggregato di atomi.
  7. Questo è un punto essenziale. La necessità di trattare una teoria molecolare della materia, distinta da quella atomica, discende dalla negazione di questo punto. Le differenze qualitative delle varie sostanze composte dipendono ovviamente dagli aspetti atomici, ma gli aggregati di atomi formano un insieme in sé unico, le molecole, talmente nuovo da avere un nome proprio e da essere nuovo soggetto di azione a cui riferire le proprietà macroscopiche.

Da questi sette punti si vede quello a cui si era già accennato e cioè che, sebbene l’atomo antico è effettivamente il precursore storico di quello moderno, esso è comunque molto diverso da quello attuale. Quello che comunque è rimasto, e che ci consente di ricollegarci al passato di questo concetto, è l’idea fondamentale dell’esistenza di un mondo microscopico in stretta relazione con il modo macroscopico e la sua evoluzione. Questa idea, azzardata nell’antichità, ha ricevuto conferme nei secoli successivi e da idea filosofica è diventata una teoria scientifica.

Abbiamo visto come è cambiato l’atomo nella fisica odierna. Manca di vedere che fine ha fatto l’altro elemento essenziale dell’atomismo classico: il vuoto. La meccanica quantistica ha cambiato sostanzialmente anche questo concetto per mezzo del principio di indeterminazione di Heisenberg e dell’equivalenza tra massa ed energia di Einstein. Senza entrare nel benché minimo dettaglio, il vuoto in meccanica quantistica viene definito come lo stato di minima energia di tutti i campi e viene visto come “un oceano di particelle virtuali” che si formano e scompaiono; esso diviene una banca di energia e, per la possibilità di interconversione tra massa ed energia, diviene anche una banca di particelle. Il vuoto diventa uno stato virtuale dell’universo e, quindi, vuoto e particelle elementari diventano due differenti manifestazioni della stessa “realtà”. Inoltre esso partecipa anche delle proprietà della materia e si parla della *polarizzazione del vuoto*, ottenendo una fusione di due termini che sarebbero stati opposti nell’atomismo democriteo.

## 7. Conclusione

In questa conclusione voglio riprendere il punto accennato nell’introduzione: l’atomo da elemento essenziale della visione riduzionista della materia, oggi può essere anche visto come elemento cardine della visione anti-riduzionista. Questo aspetto fondamentale è stato poco evidenziato in letteratura e, con cautela, può essere anche introdotto dall’insegnante in classe.

L’approccio riduzionista alla realtà materiale può essere esemplificato dall’atomismo democriteo. In questa teoria atomica tutti i mutamenti sostanziali o qualitativi che osserviamo nei corpi fisici erano ricondotti ai movimenti di atomi, mentre

<sup>37</sup> A. Kekulé, in B. Pullman, *The Atom ...*, cit., p. 232, (mia traduzione).

tutte le differenze qualitative fra le varie sostanze erano attribuite alle differenze di forma, di dimensione, di posizione, di distribuzione e di condizione di movimento di tali particelle. Nasceva con gli atomisti greci la tesi che qualsiasi cambiamento “non possa essere niente altro che moto di parti del corpo che è cambiato”. Il mondo delle qualità (caldo e freddo, dolce e amaro, colorato, ecc.) era per gli atomisti greci soltanto soggettivo, derivando unicamente dalle reazioni dei nostri sensi alle impressioni esterne, reazioni cui si davano convenzionalmente nomi, come se fossero state qualità vere. Risale, perciò, a Democrito la distinzione, che diverrà fondamentale nella scienza moderna, fra qualità “vere” (che poi saranno dette “primarie”) e qualità “convenzionali” (che poi saranno dette “secondarie”). Un aspetto molto importante del programma degli atomisti era, infatti, la riduzione dei cambiamenti macroscopici qualitativi ai cambiamenti quantitativi atomici. L’idea filosofica che ha presieduto e ancora presiede a tale spiegazione del mondo e dei suoi eventi è che, una volta conosciuti gli elementi ultimi della materia e le leggi che li governano, tutto il resto, dalla materia inanimata a quella animata, dal pensiero umano a Dio, può essere spiegato nei loro termini essendo una loro, vicina o lontana, conseguenza. È con Galileo, e la “rivoluzione scientifica” moderna, che la visione riduzionista del mondo è diventata il substrato unico della fisica e poi, con l’uniformarsi a questa visione di fondo di altre discipline scientifiche fino alle scienze umane, l’unica ed accettata impostazione scientifica.

L’approccio anti-riduzionista, l’altra visione generale della realtà, parte dall’assunto che la complessità qualitativa del mondo macroscopico non è riducibile a uniformità microscopica e che le qualità che noi vediamo nel mondo si debbano conservare, almeno in parte, in ogni livello di complessità, anche nella realtà più profonda. Naturalmente di questa visione del mondo ve ne sono molte differenti versioni, a seconda di quali e quante qualità macroscopiche sono conservate nel mondo microscopico. Le accomuna comunque l’idea che delle qualità del mondo macroscopico se ne conservano nel mondo microscopico un numero tale da rendere impossibile una visione semplice della materia. L’idea filosofica che presiede a tale spiegazione del mondo e dei suoi eventi è che, non è sufficiente conoscere gli elementi ultimi della materia e le leggi che li governano, perché il mondo (e non solo quello materiale) è sezionabile in livello di complessità<sup>38</sup> (atomi, molecole, cellule, uomini, ecc.) ed ogni livello ha sue leggi specifiche ed enti che sono “qualcosa in più” delle parti che lo compongono. L’emergenza di proprietà specifiche, di cui la “vita” è l’esempio lampante ma non unico, impedisce la riduzione alla realtà ultima e lascia ampia autonomia agli enti e alle discipline scientifiche che li studiano.

L’atomo è nato in un’ottica tipicamente riduzionista, anzi abbiamo visto che l’atomismo democriteo è paradigmatico dell’idea riduzionista. Boscovich con i suoi atomi tutti uguali ed una sola forza di interazione rappresenta il culmine di questa idea. Nonostante ancora oggi importanti fisici si cimentino alla ricerca della Teoria del Tutto, si è fatta strada l’idea che se anche si arrivasse ad un’unica forza di interazione e ad un’unica particella realmente elementare, ogni volta che metteremo insieme queste particelle otterremo enti strutturati, sistemi, con proprietà globali ed irriducibili ai loro costituenti. Tale discorso si propagherebbe ai nuovi sistemi che ingloberebbero i primi come parti e di seguito. In pratica, l’organizzazione, la strutturazione di aggregati di enti simili crea, sotto opportune condizioni, qualcosa che va oltre gli aggregati: un nuovo sistema. Questo vale per gli atomi, per le molecole, per le cellule persino per le società umane.

Questi due approcci possono essere proposti a livello didattico. Essi implicano due ottiche diverse, due modi di guardare alle stesse cose, ma proprio perché sono due approcci generali possono essere esemplificati agli studenti. Casi concreti possono venire in aiuto. Per esempio, a causa della mancata differenziazione ed autonomia esplicativa dei vari piani di complessità, oggi si sente spesso parlare di scoperte genetiche, come il gene dell’amore o quello del coraggio, che, se intese in senso stretto, porterebbero all’annullamento di funzioni superiori dell’uomo, come il libero arbitrio. L’atomo, allora, per motivi storici e per l’importanza scientifica che ha assunto e continuerà ad assumere in futuro, può essere considerato come paradigmatico sia dell’approccio riduzionista sia di quello anti-riduzionista e, come tale, aiutare gli studenti ad avere un loro approccio scientifico al mondo, rivestire cioè un fondamentale ruolo “formativo”.

# PROBLEM SOLVING & DINTORNI: ATTIVITÀ PER L'ACQUISIZIONE DI ABILITÀ COGNITIVE DI ORDINE ELEVATO

**Liberato Cardellini**

*Università Politecnica delle Marche, Ancona. libero@univpm.it*

## Sommario

Introduzione. La natura del *problema*. Metodi generali di problem solving. Alcune applicazioni ai problemi chimici. Il metodo ASV. La Means-Ends analysis. Il metodo Hansel e Gretel. Consapevolezza del processo di risoluzione. Il ricorso alle analogie. Equilibri ionici. Comprensione concettuale del problema e sua rappresentazione. Processi creativi. Considerazioni finali. Una sfida, per divertimento. Bibliografia e note.

## Introduzione

La soluzione dei problemi è una delle attività umane più comuni e che continuamente richiede la nostra attenzione e il nostro impegno. Non è esagerato dire che lo scopo ultimo dell'istruzione è aumentare l'abilità degli studenti nella risoluzione dei problemi, qualunque sia la natura del problema. In un simposio pubblicato nel 1921 dal Journal of Educational Psychology 14 esperti hanno risposto a cosa si intende per intelligenza: il 57% ha scelto l'attributo importanti processi cognitivi (ragionamento, problem solving). Nel 1986 Sternberg e Detterman hanno posto la stessa domanda a 24 tra i maggiori psicologi. Il 50% di essi ha scelto lo stesso attributo. [1]

L'uso di problemi da risolvere è anche un sistema molto diffuso per verificare l'apprendimento della teoria e in genere si pensa che l'abilità nella soluzione dei problemi sia in relazione con la conoscenza degli argomenti teorici. Nella letteratura si è però sviluppato un dibattito sulla relazione esistente tra abilità a risolvere i problemi e la comprensione dei concetti scientifici. È stato però dimostrato che la capacità di risolvere problemi non sempre ne garantisce la comprensione concettuale [2-3], in quanto molti problemi vengono risolti dagli studenti in modo quasi meccanico, utilizzando degli algoritmi. La capacità di applicare algoritmi [4] non richiede abilità cognitive di livello sovraordinato, anche se richiede comunque qualche tipo di abilità, come adattare l'algoritmo alla situazione in oggetto.

Se come insegnanti abbiamo la consapevolezza dei trabocchetti cognitivi legati all'uso di procedure algoritmiche e il desiderio di aiutare i nostri studenti a crescere, allora il problem solving è l'attività privilegiata per l'acquisizione di abilità cognitive di livello sovraordinato (HOCS, high order cognitive skills [5]) quali il riconoscimento del problema, la categorizzazione, la selezione dei processi, la rappresentazione, la formulazione di una strategia, la distribuzione delle risorse, il monitoraggio, la valutazione delle soluzioni [6]. Avere un piano di attacco o strategia per affrontare il problema è utile, anzi necessario. "Una strategia è un approccio organizzato che suddivide il complesso compito mentale della soluzione del problema in diversi stadi." [7] Questo aiuta lo studente ad affrontare in modo sistematico il problema da risolvere, prendendo in considerazione una parte alla volta e a concentrarsi sui diversi aspetti, focalizzandone uno alla volta. Anche per noi esperti, avere una strategia è utile perché ci aiuta a superare il panico iniziale che possiamo provare davanti ad un problema difficile. Da venticinque anni viene suggerito agli studenti l'utilizzo del metodo ASV [8] nella risoluzione dei problemi chimici perché tale approccio strutturato migliora le capacità individuali, quando per la prima volta si affronta un problema.

Nella nostra vita eseguiamo molte azioni applicando degli algoritmi, in modo più o meno conscio. Poiché l'uso degli algoritmi nella soluzione dei problemi è una pratica molto diffusa, merita comunque attenzione da parte dei ricercatori. L'apprendimento concettuale richiede una comprensione più approfondita che non il ricorso ad algoritmi, perciò Niaz suggerisce che il ricorso agli algoritmi deve precedere la soluzione di problemi che necessitano di una comprensione concettuale maggiore, come i problemi sui gas [9] e quelli sull'equilibrio chimico [10].

Poiché la soluzione dei problemi si realizza mettendo insieme regole riconosciute essere lecite, secondo una certa successione di operazioni logiche che ne permette la soluzione stessa, il requisito fondamentale per poter risolvere i problemi è la conoscenza e la comprensione dei principi teorici che guidano il processo di soluzione (conoscenza del dominio). Ma perché è importante risolvere i problemi? Mike Watts [11] individua otto ragioni che giustificano l'uso del problem solving nell'apprendimento:

- Incoraggia i giovani a sentire proprio il compito
- Incoraggia il prendere le decisioni e le abilità sociali
- È una forma di apprendimento attivo e per scoperta
- È un mezzo per insegnare molte abilità scientifiche e per raggiungere gli aspetti contenutistici della scienza
- Permette attività riguardanti aspetti diversi del programma
- È un'attività rilevante nella vita reale
- Il problem solving e il pensiero creativo sono le forme più elevate e complesse dell'attività umana
- Favorisce la comunicazione

La soluzione dei problemi, oltre a sviluppare importanti abilità cognitive, permette anche di applicare le conoscenze acquisite e di adattarle in altri contesti; l'aspetto più importante nella soluzione di un problema non è la soluzione numerica in sé stessa, ma lo sviluppo del processo di analisi e di deduzione logica [12] attraverso continue scelte tra diverse alternative: decisioni fortemente correlate col bagaglio di conoscenza e con la capacità di intuire e creare. La soluzione di problemi opportunamente graduati nella loro complessità permette di rifinire, estendere e combinare le strutture del ragionamento; questo processo è chiamato auto-regolazione [13].

### La natura del problema

Per capire la natura del problema partiamo dal suo significato. La parola *problema* è definita nel vocabolario [14] come "ogni ordine di difficoltà, la cui soluzione incerta implica la possibilità di un'alternativa; una questione complicata, situazione difficile da affrontare e da risolvere". Questa parola evoca nello studente il "dubbio", la "situazione da risolvere", la "scelta tra possibili alternative". La soluzione del problema può essere difficile per il fatto che si devono operare delle scelte tra diverse alternative nell'ambito di competenze specifiche della logica formale. Un problema è perciò la situazione sperimentata da una persona che desidera superare il gap tra stato iniziale e stato finale e per qualche motivo si sente bloccato dal gap e non riesce a definire immediatamente le azioni necessarie a superarlo. Certamente, nell'affrontare un qualsiasi problema dobbiamo passare da uno stato iniziale ( $S_i$ ) di ricerca della soluzione ad uno stato finale ( $S_f$ ) dove la soluzione trovata ha aumentato nostra conoscenza; la soluzione di un problema si può perciò schematizzare come un processo che dallo stato iniziale conduce dallo stato finale [15]:

$$S_i \longrightarrow S_f$$

In termini scientifici si parla di problem solving se esiste una differenza, seppur piccola, tra le conoscenze possedute prima e quelle possedute dopo la risoluzione: senza queste difficoltà nel ragionamento concettuale e quantitativo non esiste il "problema". Secondo John Hayes [16] si può parlare di problem solving se si verificano due condizioni: 1) c'è un gap tra dove si è e dove si vuole arrivare; 2) non è immediatamente evidente l'algoritmo che permette di risolvere il problema. Se non si verificano queste due condizioni, è più appropriato parlare di soluzione di esercizi; si tratta cioè di eseguire una serie di passaggi in una successione già conosciuta e di sostituire numeri in relazioni note in modo certo.

Ora introduciamo due concetti sviluppati da Newell e Simon [17]: quello di stato del problema e quello di operatore. La soluzione del problema si realizza passando dallo stato iniziale ( $S_i$ ), attraverso alcuni stati intermedi arrivando allo stato finale ( $S_f$ ) che risolve il problema. L'operatore è una azione che trasforma uno stato in un altro. Questi due concetti definiscono lo spazio del problema (problem space): l'insieme di operazioni disponibili a chi risolve il problema [18]. Il problema può avere altre soluzioni; tuttavia, se chi risolve il problema non è consapevole di queste altre soluzioni, esse non sono incluse nello spazio del problema. [19]

Secondo Johnstone [20], i problemi si possono pensare come costituiti da tre componenti: le informazioni disponibili (di partenza) necessarie per la soluzione, un metodo per la soluzione ed uno scopo. Se le componenti sono tutte e tre conosciute, la soluzione è una pura manipolazione meccanica; altrimenti, per la soluzione di un problema, è necessario attivare un processo creativo più o meno importante. La tabella 1 illustra 8 possibili tipi di problemi, il primo dei quali, secondo Hayes non costituisce un "problema"; questo tipo di problemi può essere risolto applicando un algoritmo già noto: sono esercizi e non problemi. Nei restanti 7 tipi, ove una delle componenti non è nota, viene richiesto un processo in qualche modo creativo per la loro soluzione.

Chittleborough [21] usa l'aggettivo "aperto" per definire lo scopo per i problemi tipo 5 - 8, nel senso che il risultato non è definito in modo univoco e chi risolve questo tipo di problemi deve prendere delle decisioni sia sui metodi più appropriati di soluzione, sia sulla scelta dei dati necessari a produrre il risultato definito specificando lo scopo. Secondo Frazer [22], i problemi aperti sono quelli che ammettono diverse soluzioni, mentre i problemi che hanno una unica risposta si definiscono problemi chiusi. Perciò, i problemi incontrati in classe sono problemi chiusi, mentre i problemi incontrati nella vita reale, spesso sono problemi aperti. Un'altra distinzione funzionale tra i problemi riguarda la loro definizione; possiamo distinguere tra problemi ben definiti e problemi mal definiti (well-defined and ill-defined problems). Un problema ben definito è un problema che in modo implicito o esplicito fornisce quattro differenti tipi di informazioni: [23]

Tipo	Informazioni disponibili	Metodo	Scopo
1	complete	conosciuto	definito
2	complete	sconosciuto	definito
3	incomplete	conosciuto	definito
4	incomplete	sconosciuto	definito
5	complete	conosciuto	indefinito
6	complete	sconosciuto	indefinito
7	incomplete	conosciuto	indefinito
8	incomplete	sconosciuto	indefinito

Tabella 1. Classificazione dei problemi secondo Johnstone.

- 1 - Informazioni sullo stato iniziale del problema;
- 2 - Informazioni circa lo scopo del problema;
- 3 - Informazioni sugli operatori che lecitamente si possono applicare;
- 4 - Informazioni sulle restrizioni che riguardano gli operatori.

Un problema è mal definito se una o più di queste informazioni è mancante. Ad esempio nel problema: qual è il volume di un reattore che contiene 10,0 g di idrogeno a 45,0°C e 722 Torr? L'operatore corretto da applicare è l'equazione di stato dei gas; esistono delle restrizioni circa le unità di misura per la pressione e la temperatura; sappiamo che queste variabili devono avere le stesse unità scelte per la costante universale R. Il problema perciò è per noi ben definito.

Una comprensione più profonda dei fattori che regolano la capacità di risolvere problemi si è avuta con lo studio del paradigma esperto-novizio. Per novizio dobbiamo intendere uno studente che abbia seguito un corso di materie scientifiche alle superiori o al primo anno di università. Molte ricerche riportate in letteratura sono state fatte nel dominio della fisica. Larkin ed i suoi colleghi [24] si sono chiesti come mai gli esperti risolvono problemi complessi molto più velocemente e con maggior accuratezza rispetto ai novizi: quali sono le differenze tra esperto e novizio? La differenza più ovvia è che l'esperto risolve il problema in meno di un quarto del tempo necessario al novizio. Una seconda differenza è che il novizio lavora all'indietro, dall'incognita verso i dati, mentre l'esperto ragiona dai dati verso l'incognita. Questa differente direzione dell'inferenza è stata recentemente contestata [25]; lo studente inesperto tende a risolvere i problemi in una sequenza lineare di operazioni elementari, mentre l'esperto usa nell'analisi un approccio per raffinamenti progressivi (conoscenza organizzata in modo gerarchico) [26]. L'esperto ha memorizzato intere procedure di calcolo (probabilmente come produzioni) che applica automaticamente; inoltre, l'esperto è in grado di generare una rappresentazione fisica del problema in modo molto più preciso di un novizio. Una rappresentazione del problema è una struttura cognitiva corrispondente ad un problema, costruita dal solutore sulla base della sua conoscenza riferita al dominio e sulla sua organizzazione [27, 24b, 28-30]. La rappresentazione interna del problema deve essere accomodata nelle strutture cognitive del soggetto [31]. Alla codifica delle nuove informazioni sulle strutture cognitive esistenti (subsumption), segue una trasformazione della conoscenza [32], dalla iniziale forma dichiarativa, di informazioni sui fatti, in una più efficace detta conoscenza procedurale, ovvero in termini di astrazioni (knowledge compilation). Quando la conoscenza dichiarativa viene usata più volte in un certo modo, verranno automaticamente create nuove procedure che applicheranno la conoscenza senza bisogno di interpretarla. Gli esperti rappresentano i problemi e li suddividono per categorie in accordo con le leggi della fisica, mentre i novizi usano similarità superficiali per categorizzarli [27]. La rappresentazione del problema, meno precisa nel novizio, fa sì che il novizio ricorra più facilmente ad un processo diretto di traduzione sintattica [33], che però lo induce più frequentemente a sbagliare. Ad esempio, nel problema: Un miscuglio di C e S del peso di 3,560 g viene bruciato e si ottengono 5,500 L di gas misurato a condizioni normali. Quanti grammi di biossido di zolfo si ottengono per combustione di 10,0 g di miscuglio? È sbagliato considerare la reazione scritta in questo modo



e calcolare la composizione come se il rapporto tra moli di C e moli di S fosse 1:1; con questa assunzione si è già fissata la composizione del miscuglio. Sembra inverosimile, eppure è un tipo di errore che gli studenti commettono con grande facilità. Questo errore si può imputare ad una rappresentazione sbagliata del problema e ad un ad un processo diretto di traduzione sintattica del testo in una equazione. Se i nostri studenti fossero abituati a ragionare in modo critico, facilmente potrebbero dimostrare falsa l'assunzione fatta e cercherebbero altre strade più promettenti per risolvere il problema.

Per l'esperto i problemi nel dominio di competenza non sono più tali, ma semplici esercizi di calcolo. Noi insegnanti non riusciamo a cogliere le difficoltà dello studente che incontra il problema per la prima volta e deve apprendere le strategie generali del problem solving. Per migliorare l'insegnamento è necessario conoscere i processi cognitivi usati dallo studente che riesce a risolvere in modo corretto i problemi e comprendere le difficoltà (di conoscenza e/o di logica) di quanti non riescono e quali sono gli errori ricorrenti nella risoluzione dei problemi: in questo modo ci sarà più facile aiutare i nostri studenti a diventare esperti.

### Metodi generali di problem solving

Normalmente la soluzione dei problemi viene insegnata enunciando il testo del problema e poi l'insegnante alla lavagna scrive commentando la successione dei passaggi. Nei libri di testo delle materie scientifiche, in molti capitoli vengono proposti problemi e applicando le formule che si trovano nel capitolo vengono elegantemente risolti. Poi, alla fine del capitolo vengono riportati problemi da risolvere, dello stesso tipo di quelli risolti nel capitolo, e ci si aspetta che gli studenti li risolvano applicando le stesse formule. Il maggior difetto di questo modo "normale" di insegnare è che gli studenti imparano a risolvere soltanto alcuni tipi di problemi, e non tanto perché hanno imparato a ragionare in modo rigoroso e consequenziale, rendendosi conto del motivo per cui si procede in quel certo modo, ma mandando più o meno a memoria un certo numero di schemi risolutivi. Se si propone un problema che non segue gli schemi usuali, ci si rende subito conto di quanto sia grande l'insicurezza dei nostri studenti e quanto fragile sia la conoscenza da essi acquisita. Questo modo di apprendere è molto diffuso e i nostri studenti negli anni vi si sono perfettamente adattati.

Ma perché questo modo di insegnare e di apprendere non produce il massimo effetto nello studente? Possiamo trovare la risposta a questa domanda se riflettiamo sulla nostra esperienza quando eravamo studenti: quando abbiamo imparato veramente? La prima volta che abbiamo insegnato la nostra materia, ci sentivamo preparati? Non ci si vuole qui riferire alla conoscenza pedagogica, della quale eravamo probabilmente tutti all'oscuro, ma alla conoscenza specifica del contenuto. Nella risoluzione di nuovi problemi lo studente si trova esattamente dove eravamo noi la prima volta che abbiamo cercato di risolvere questi problemi: nei guai. Questo fatto è stato magistralmente messo in evidenza da Herron: "Le soluzioni ai

problemi che si trovano nei libri di testo e quelle presentate in classe dagli insegnanti sono quasi sempre percorsi efficienti e ben organizzati alla soluzione corretta. Rappresentano algoritmi sviluppati dopo ripetute soluzioni di problemi simili” [34]. Le soluzioni escogitate dagli studenti sono molto diverse da quelle riportate dai libri di testo. “Gli esempi [riportati nei libri di testo] non forniscono indicazioni delle false partenze, dei punti morti, dei tentativi illogici che caratterizzano i primi passi nella soluzione del problema, e neppure rivelano il tempo sostanziale e lo sforzo speso per costruire una rappresentazione utile del problema prima che la soluzione sistematica riportata negli esempi sia possibile” [35].

La ricerca nel problem solving mostra che le strategie generali per risolvere i problemi possono essere insegnate ed apprese. Ma è meglio insegnare metodi euristici o metodi algoritmici? Si provi a risolvere il problema: DONALD + GERALD = ROBERT, sapendo che ogni lettera rappresenta una singola, unica cifra. Newell e Simon asseriscono che nella risoluzione, lo spazio del problema viene aumentato dalle informazioni che derivano dai riporti delle colonne e da altre informazioni quali “E è diverso da zero” e “R è 7 o 9” [36]. La ricerca sulle strategie generali nel problem solving è iniziata con il metodo proposto da Polya; esso propone che la soluzione di un problema avvenga attraverso quattro stadi [37]:

1. Comprensione del problema
2. Compilazione di un piano
3. Sviluppo del piano
4. Verifica del risultato

Numerosi altri metodi sono stati successivamente proposti [38]: tutti questi metodi propongono la soluzione dei problemi attraverso una successione di stadi. Essenzialmente, in tutti i metodi si possono riconoscere tre fasi: c'è una prima fase di riconoscimento del problema, una seconda fase di risoluzione del problema e una terza fase di controllo della soluzione.

Finché non riusciamo a risolvere il problema DONALD + GERALD = ROBERT esso costituisce un problema non banale. Se non ha ancora risolto il problema, ci provi, prima di continuare la lettura. Richiede tempo e impegno, ma scoprirà che è divertente. Ora provi a ripensare a quanto ha appena fatto: ha forse usato il metodo di Polya? Si è partiti analizzando il problema definendo lo stato iniziale  $S_i$ ? È stato compilato un piano per la risoluzione, magari ipotizzando una successione di steps? Certamente non sono stati seguiti i quattro stadi in modo conscio; probabilmente non c'è stato motivo per considerare se la soluzione viene facilitata dal seguire un metodo problem solving. Appare perciò corretta la critica di Bodner [39]: un esperto non ricorre a metodi problem solving quando risolve un problema.

Ma i nostri studenti non sono esperti; per la loro limitata conoscenza del dominio sono soprattutto insicuri. L'esperienza ci conferma che ricorrendo all'uso formale di un metodo problem solving aiutiamo i nostri studenti a migliorare le proprie capacità nella risoluzione dei problemi. Questo fatto viene anche confermato dalla teoria: l'uso di schemi è un punto critico per sviluppare le abilità nella risoluzione dei problemi [40].

Diversi autori propongono procedure analoghe per facilitare la soluzione dei problemi. Bransford e Stein [41] propongono cinque componenti del ragionamento che sono applicabili ad una moltitudine di situazioni. I = Identificazione dei problemi, D = Definizione dei problemi, E = Esplorazione di strategie, A = Agire sulle idee, e L = Guardare agli effetti. Le strategie suggerite sono: suddividere il problema in sottoproblemi più facilmente risolvibili; lavorare all'indietro (Working Backward), partendo dall'incognita o dallo scopo; ricorrere all'uso di casi speciali. Hayes [42] propone una sequenza di azioni in sei stadi:

1. Riconoscere il problema
2. Rappresentare il problema
3. Pianificare la soluzione
4. Eseguire il piano
5. Valutare la soluzione
6. Consolidare i guadagni

Herron [43] propone quattro procedure: comprensione del problema, rappresentazione del problema, esecuzione del piano per la soluzione e verifica. Questi due metodi mettono in evidenza la procedura di rappresentazione del problema. La rappresentazione è l'aspetto centrale nella risoluzione di molti problemi e ha a che fare con la maniera in cui una certa persona comprende il problema nella propria testa. Quando noi insegnanti di chimica suggeriamo ai nostri studenti di scrivere la reazione ogni volta che questo è possibile, in realtà cerchiamo di suggerire loro di rappresentare il problema nella stessa maniera dell'esperto. La rappresentazione del problema guida la maniera di risolvere il problema; una errata rappresentazione produce una procedura errata di risoluzione. Anche la definizione del problema (personale comprensione concettuale del problema) è fondamentale: differenti definizioni dello stesso problema conducono a diverse strategie di risoluzione. Per meglio comprendere le richieste del problema, una strategia efficace è rileggere il testo (dopo aver speso del tempo per cercare di capire il problema) in un ordine diverso: *prima* leggere la domanda e poi il resto del testo del problema, con la domanda in mente [44].

Siccome il ragionamento è una abilità nascosta, Whimbey e Lochhead [45] suggeriscono di proporre la soluzione dei problemi a coppie di studenti: uno deve leggere e ragionare ad alta voce e l'altro ha il compito di ascoltare. Nel problema successivo, i ruoli si scambiano. La vocalizzazione dell'analisi e del ragionamento permette di controllare che nessun passaggio venga saltato e che nessun fatto venga ignorato prima di arrivare alle conclusioni. In più, permette allo studente che ascolta di apprendere le abilità necessarie nella risoluzione del problema. A volte lo studente si blocca davanti ad un problema; per far nascere idee brillanti è utile la lista di controllo Scamper [46]: **S**ubstitute (or Simplify), **C**ombine, **A**dapt, **M**odify, **P**ut to other uses, **E**liminate, **R**everse.

In genere gli studenti considerano terminato il loro lavoro quando arrivano al risultato attraverso la soluzione: ma non dovrebbe essere così. Tutti i metodi problem solving prevedono la verifica della soluzione. La verifica è uno strumento formidabile per sviluppare negli studenti le abilità nel problem solving. Gli studenti abituati a eseguire la verifica hanno una fiducia molto più grande nelle proprie capacità: in questa categoria troviamo gli studenti più abili a risolvere i problemi. Metodi di verifica esaustivi sono applicabili alla maggior parte dei problemi scientifici incontrati dagli studenti; metodi di

verifica abbastanza generali sono stati sviluppati per problemi di chimica [47].

Il risultato non confermato essere corretto dalla verifica, o il rifiuto di una assunzione dimostrata falsa, obbligano ad una nuova analisi e ad una definizione diversa del problema; ciò che Lakatos chiama slittamento del problema (problemshift) [48]. Ad esempio, studi condotti da Herron evidenziano che lo scopo del problema veniva correttamente identificato nei primi passi del processo di risoluzione; successivamente lo studente spostava la propria attenzione verso un altro scopo, senza rendersi conto dell'errore [43]. Sappiamo che nella risoluzione dei problemi chimici le cause di errore sono molteplici; Mayer riassume le cause generali e le forzature nel problem solving [49]: 1. Sistematicamente il problema viene distorto per essere in accordo con la conoscenza esistente; 2. Ci si focalizza sugli aspetti non importanti del problema; 3. Si cambia la rappresentazione del problema; 4. Si applicano procedure in modo rigido e non appropriato; 5. Le convinzioni personali guidano l'approccio al problem solving.

Riguardo a questo ultimo punto, se uno studente è convinto che un problema va oltre le proprie capacità, difficilmente sarà in grado di risolverlo. Studi e ricerche sulla motivazione [50-53] ne mettono in evidenza l'importanza e la motivazione degli studenti viene aumentata se come insegnanti riusciamo a creare nella classe un ambiente positivo [54, 55] verso l'apprendimento significativo. Conosco i pensieri che possono attraversare la mente di qualche collega (perché sono anche i miei): per il misero stipendio che ricevo per un lavoro privo di prestigio e apprezzamento sociale, dovrei anche far finta di avere entusiasmo? Questo è però un punto di grande rilevanza: nessuno di noi, privo di entusiasmo per la propria materia può seriamente pensare di entusiasmare i propri studenti e convincerli che vale la pena studiare sul serio. Al fine di realizzare questo obiettivo, i metodi attivi di apprendimento e in particolare l'apprendimento cooperativo possono aiutare moltissimo.

### Alcune applicazioni ai problemi chimici

L'acquisizione di abilità reali nel problem solving richiede molta dedizione e tempi molto lunghi. Nei nostri corsi scolastici possiamo comunque mettere in atto almeno alcune delle idee e delle strategie che la ricerca nel problem solving ha dimostrato utili per farci avere successo nella soluzione dei problemi e formare la nostra mente con delle abilità permanenti. Vedremo ora tre strategie particolari, adatte alla risoluzione dei problemi chimici: Il metodo ASV [8], La Means-Ends analysis e il metodo Hansel e Gretel [56].

### Il metodo ASV

La soluzione dei problemi si realizza applicando una o più regole ritenute valide secondo una certa legge che ne permette la soluzione stessa. Da questo punto di vista un problema resta tale finché non si è appresa la legge, ovvero la maniera di assemblare le regole valide in una sequenza adatta: dopo che questo è avvenuto, le attività necessarie a generare la soluzione non costituiscono più un problema. Il metodo **analisi** (del problema), **sintesi** (del processo risolutivo) e **verifica** (del risultato) per risolvere i problemi, parte dalla considerazione degli errori e delle difficoltà incontrate dagli studenti nella risoluzione dei problemi di stechiometria. Il principio proposto si basa sulla definizione di un unico schema logico-formale che rende ragione della costruzione dei diversi algoritmi risolutivi. Per algoritmo qui si intende quell'insieme di operazioni che, dato un qualunque problema in entrata, permettono di ottenere la risoluzione come uscita. Con l'uso di un diagramma a blocchi, si può rappresentare l'idea al primo livello di specificazione in questo modo:



Figura 1. Struttura logica del metodo ASV.

Espandendo il modulo ALGORITMO, si ottiene lo schema riportato nella figura 2. Nel livello 1, definizione formale del problema, nel seguito DFP, si intende capire ciò che il testo chiede e definire il problema nella maniera più adatta alla risoluzione. Questo obiettivo si può raggiungere riformulando le richieste, magari scomponendole in altre più semplici e trasformando le informazioni contenute nel testo ( $T\text{ K} = (t\text{ }^\circ\text{C}) \times (1\text{K}/^\circ\text{C}) + 273\text{ K}$ , calcolo del numero di moli, noti i grammi di sostanza, scrittura delle equazioni delle reazioni che avvengono o degli equilibri che si stabiliscono, ecc.). Domande da porsi:

*Sono certo di aver capito il testo?  
Qual è l'incognita?  
Cosa posso dire sul risultato?*

*Quali sono i dati?  
Qual è l'unità di misura del risultato?*

In molte situazioni si può ricorrere al ragionamento proporzionale; si tratta cioè di rispondere alla domanda "quanti/e ... sono equivalenti a ...". È uno schema di ragionamento già noto, e permette di ottenere le unità di misura del risultato corrette. Nel livello 2, selezione di informazioni appropriate, nel seguito SIA, si intende estrarre le informazioni dal testo; si cercano informazioni dalla memoria e/o col ragionamento e si scrivono le relazioni tra le variabili (reagente limitante, relazioni stechiometriche tra le sostanze, K di equilibrio, ecc.). Dopo che tutte le informazioni necessarie sono espresse in un sistema di notazioni adeguato, ci si pone la domanda:

*Si possono stabilire delle condizioni?*

Il livello 3, combinazione delle varie informazioni, in seguito CVI, è il cuore della soluzione, anche se questa viene permessa ed è stata preparata nei punti precedenti. Tutto quanto deriva dai punti precedenti viene combinato in una maniera ritenuta corretta, risolvendo il problema o permettendo nuove sintesi per altri sviluppi. Domande da porsi:

*Sono necessarie altre relazioni?  
Le relazioni che si vogliono usare, sono valide per questo problema?*

In nessun caso verrà esplicitato il punto 4, esecuzione dei calcoli, perché non essenziale alla comprensione del metodo. È di fondamentale importanza capire esattamente il testo stabilendo qual è l'incognita e quali sono i dati necessari per il calcolo. L'analisi sistematica degli errori commessi dagli studenti nella risoluzione dei compiti di esame, mostrava che un 3% di essi sono dovuti a motivi riconducibili alla non comprensione del problema. Un pericolo da cui gli studenti devono guardarsi è di "interpretare" il testo, ovvero di usare ipotesi o fare delle assunzioni non permesse dal testo del problema, ma comode perché fanno intuire più facilmente come giungere alla soluzione (sbagliata). Certamente anche gli errori, se opportunamente compresi e risolti, sono una fonte di conoscenza.

La ricerca della soluzione e la costruzione dell'algoritmo devono scaturire dall'analisi e dalla comprensione del problema. Nella soluzione di un problema si devono prendere delle decisioni riguardo al procedimento da adottare. I processi logici che qui vengono usati sono comuni a quelli delle teorie decisionali. La decisione della bontà della soluzione e della sua accettabilità viene presa dopo aver operato la verifica. Normalmente la verifica si esegue seguendo due criteri: 1 - verifica numerica; 2 - verifica delle dimensioni e delle unità di misura.

Le scelte operate durante la pianificazione dell'algoritmo risolutivo saranno tanto più sicure quanto maggiore è la "razionalità" e la logica acquisite dallo studente. Perciò l'allenamento alla risoluzione dei problemi è una educazione della mente al ragionamento formale. Per questo, prima di approntare un piano di risoluzione ci si devono porre le seguenti domande:

*Quali informazioni danno i dati contenuti nel testo?  
Quale risposta devo dare attraverso la soluzione?*

Nella figura 2 i rombi rappresentano altrettante domande, e precisamente:

- a) È riconducibile ad un problema già risolto?
- b) Sono sufficienti le informazioni a disposizione?
- c) Si può arrivare al risultato?
- d) È stato risolto il problema?

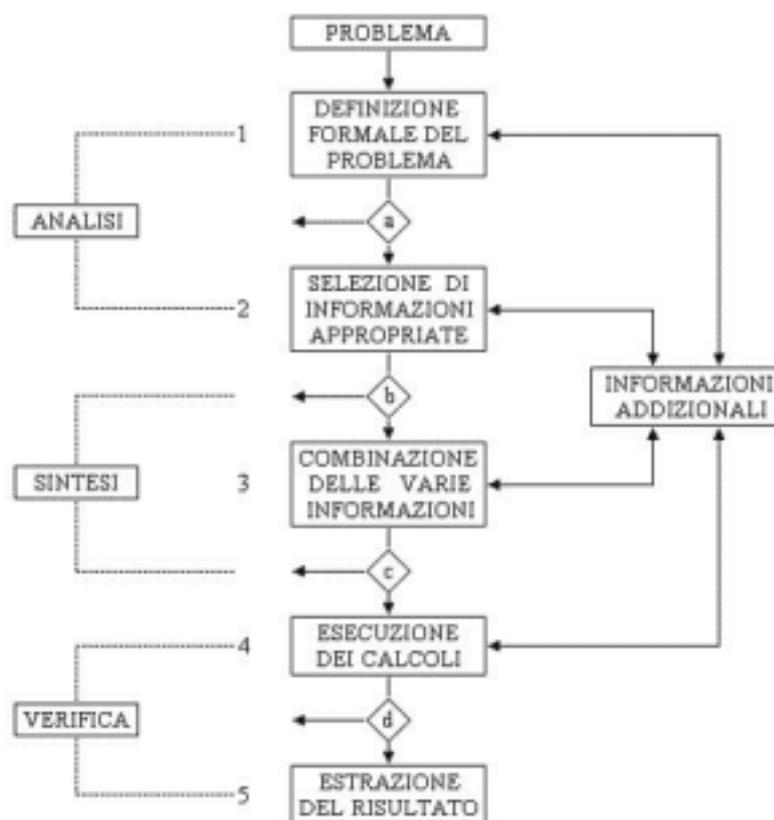


Figura 2. Struttura fisica del metodo ASV.

Una volta che si è giunti al risultato, il lavoro non è ancora terminato. Infatti non è importante dare una risposta, ma dare la risposta *corretta*. Per questo bisogna controllare che la soluzione sia consistente con i dati contenuti nel problema e con quanto stabilito in DFP e non sia in contraddizione con le informazioni chimiche. Questa verifica a posteriori permette di stabilire quasi sempre se l'algoritmo e/o i calcoli sono esatti; questo diminuisce ulteriormente la eventualità di errori, rinforzando la fiducia nelle proprie capacità. I metodi di verifica si basano: 1) sui bilanci di massa e di carica; 2) sull'uso di relazioni indipendenti e su soluzioni alternative; 3) sul controllo di quantità invarianti. Soprattutto quando la verifica numerica non è esaustiva, vanno tenute presenti queste domande:

- 1) *Ha senso questo risultato?*
- 2) *L'ordine di grandezza del risultato è ragionevole?*
- 3) *Sono corrette le unità misura?*

Due differenze significative esistono tra un esperto ed un novizio; l'esperto, 1) è in grado di eseguire l'analisi del problema in modo più completo e pianifica la risoluzione *prima* di partire con i calcoli; 2) usa strategie risolutive più potenti e in modo più efficace rispetto agli studenti. La sicurezza con la quale un esperto affronta un problema (esercizio) deriva dal fatto che già conosce l'ordine di grandezza del risultato e in modo più o meno conscio, esegue continuamente la verifica rispetto ai risultati che ottiene. Perciò la stima del risultato costituisce un altro strumento logico a disposizione dello studente.

Vengono riportate alcune osservazioni logiche, che aiutano a stabilire una risposta stimata. Il numero di moli ( $n$ ) può essere minore, maggiore o uguale a 1, a seconda dei grammi e del peso molecolare; se i grammi sono minori del peso molecolare,  $n$  deve risultare minore di 1; dall'applicazione della legge di Boyle ad una compressione, deve risultare una diminuzione di volume; il numero di atomi (o di molecole) in un qualunque campione, piccolo a piacere, dovrà risultare enorme, perché proporzionale alla costante di Avogadro. Ancora, il peso molecolare medio sarà compreso tra quello del componente con peso molecolare minore e quello del componente con peso molecolare maggiore: nel caso che il miscuglio sia formato da due componenti, il valore del peso molecolare medio deve risultare essere più vicino a quello del componente presente in numero di moli maggiore. In una reazione chimica, le masse dei prodotti non possono mai essere maggiori di quelle dei reagenti; le variazioni dovute alle proprietà colligative sono in genere "piccole", comunque proporzionali al numero di moli. Per gli equilibri, il valore della costante è decisivo per stabilire l'ordine di grandezza del grado di avanzamento della reazione;  $K \gg 1$ , indica che la reazione va a completamento. In ogni caso il valore di  $r$  (moli di reazione che avvengono) deve essere compreso in un intervallo numerico che lo studente è sempre in grado di determinare. Nel caso  $K \ll 1$ , ci si deve attendere valori di  $r$  molto piccoli. Queste osservazioni logiche possono aiutare lo studente nella risoluzione del problema e con la verifica conferma che il risultato ottenuto è corretto.

Alle volte si sbaglia la soluzione perché non sono state comprese le richieste del problema. Può essere utile leggere il testo, riflettere su quanto letto e poi rileggere il problema, incominciando dalla domanda e poi il resto. La ricerca nel problem-solving ci dice che gli studenti risolvono i problemi scientifici assemblando i fatti e le formule in una sequenza lineare, piuttosto che usare un metodo di raffinamenti successivi e che pongono grande enfasi sulla memorizzazione di fatti e formule senza tentare di racchiuderle e collegarle al ricco dominio della conoscenza qualitativa. È utile perciò suddividere il problema in sottoproblemi o in diversi blocchi logici, abbozzando nella propria mente una soluzione qualitativa, prima di iniziare a scrivere.

La psicologia rappresenta le informazioni nella memoria a lungo termine come una rete di associazioni tra concetti. Una informazione viene ritrovata sparpagliando l'attivazione dai concetti contenuti nella memoria di lavoro alla struttura a rete. L'organizzazione della conoscenza disponibile è cruciale; l'organizzazione strutturata in modo gerarchico così da descrivere i concetti a differenti livelli di dettaglio con un numero crescente di informazioni ad ogni livello, ne facilita il ricordo, permette una più facile modifica se alcune premesse cambiano ed è più facile fare correzioni, se vengono commessi errori. La sicurezza non si improvvisa: richiede passione e molta dedizione. Evidentemente lo studente che conosce bene i principi teorici, sarà più sicuro nell'affrontare i problemi. Ma c'è un procedimento che aiuta gli studenti ad acquistare la sicurezza; ad ogni passaggio si risponde alla domanda:

*Come posso dimostrare che il passaggio è corretto?*

La crescita cognitiva è facilitata se si seguono questi suggerimenti:

*Ragiona* in modo qualitativo sullo svolgimento, prima di sviluppare l'algoritmo.

*Stima* il risultato numerico, prima di fare i calcoli.

*Prova* (vera o falsa) l'assunzione, il passaggio, la formula, ... .

*Verifica* il risultato numerico, per essere certo che sia corretto.

*Spiega* perché il ragionamento è corretto.

*Formula* un problema più difficile sullo stesso argomento.

Alcuni suggerimenti permettono allo studente di migliorare la propria capacità di risolvere i problemi:

Fare una rappresentazione grafica del problema.

Dividere il problema in più problemi parziali. Il problema, o una parte di esso, si può ricondurre ad un problema analogo già risolto?

Scrivere le relazioni più importanti e ragionare all'indietro partendo dall'incognita.

Ricercare le deduzioni e inferire le conseguenze.

Definire con precisione le difficoltà. Quali tra le procedure note permettono di risolvere la parte del problema in considerazione? Quale tra questi metodi si può dimostrare corretto dal punto di vista logico?

Quali assunzioni sono necessarie per superare le difficoltà? Dimostrare vere o confutare le assunzioni.

Focalizzare il ragionamento sulle quantità invarianti.

Usare i fattori di conversione.

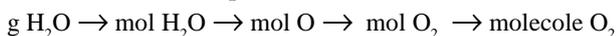
### La Means-Ends analysis

Nella soluzione dei problemi, una utile euristica è l'analisi mezzi-fini (Means-Ends analysis). Secondo questo metodo euristico, sviluppato da Newell e Simon [17], si passa dallo stato iniziale del problema ( $S_i$ ) a quello finale ( $S_f$ ) facendo ciclicamente ricorso a due procedure logiche: 1) si confronta lo stato presente del problema con lo scopo ( $S_f$ ) e si cercano le differenze; 2) se si trovano delle differenze, queste vengono eliminate, usando un opportuno operatore [57].

Questo metodo trova facile applicazione nella risoluzione dei problemi chimici, come mostrato nel problema che segue.

Quante molecole di ossigeno si potrebbero ottenere da 10,00 g di acqua?

Possiamo risolvere il problema attraverso una serie di trasformazioni:



Per eseguire la trasformazione  $g \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{mol H}_2\text{O}$  facciamo ricorso all'operatore fattore di conversione

(fc):  $fc = 1 \text{ mol H}_2\text{O}/18,02 \text{ g H}_2\text{O}$ .

$$10,00 \text{ g H}_2\text{O} = (10,00 \text{ g H}_2\text{O}) \times (1 \text{ mol H}_2\text{O}/18,02 \text{ g H}_2\text{O}) = 5,549 \times 10^{-1} \text{ mol H}_2\text{O}$$

Per eseguire la trasformazione  $\text{mol H}_2\text{O} \rightarrow \text{mol O}$  facciamo ricorso all'operatore rapporto stechiometrico (rs):

$$1 \text{ mol H}_2\text{O} \supset 1 \text{ mol O}$$

$$rs = 1 \text{ mol O}/1 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$5,549 \times 10^{-1} \text{ mol H}_2\text{O} = (5,549 \times 10^{-1} \text{ mol H}_2\text{O}) \times (1 \text{ mol O}/1 \text{ mol H}_2\text{O}) = 5,549 \times 10^{-1} \text{ mol O}$$

Per eseguire la trasformazione  $\text{mol mol O} \rightarrow \text{mol O}_2$  facciamo ricorso all'operatore fattore di conversione:

$$2 \text{ mol O} \sim 1 \text{ mol O}_2$$

$$fc = 1 \text{ mol O}_2/2 \text{ mol O}$$

$$5,549 \times 10^{-1} \text{ mol O} = (5,549 \times 10^{-1} \text{ mol O}) \times (1 \text{ mol O}_2/2 \text{ mol O}) = 2,774 \times 10^{-1} \text{ mol O}_2$$

Per eseguire la trasformazione  $\text{mol O}_2 \rightarrow \text{molecole O}_2$  facciamo ricorso ad un opportuno operatore fattore di conversione:

$$1 \text{ mol O}_2 = 6,022 \times 10^{23} \text{ molecole O}_2$$

$$fc = 6,022 \times 10^{23} \text{ molecole O}_2/1 \text{ mol O}_2$$

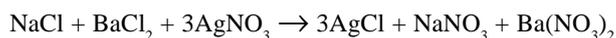
$$2,774 \times 10^{-1} \text{ mol O}_2 = (2,774 \times 10^{-1} \text{ mol O}_2) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ molecole O}_2/1 \text{ mol O}_2) = 1,670 \times 10^{23} \text{ molecole O}_2$$

### Il metodo Hansel e Gretel

Consideriamo il problema: Un miscuglio di cloruro di sodio e cloruro di bario viene sciolto in acqua e fatto reagire con un eccesso di nitrato di argento. Quale deve essere la composizione per ottenere una quantità di precipitato doppia rispetto al peso del miscuglio iniziale?

1 DFP

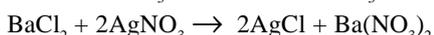
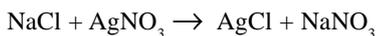
Prima di essere opportunamente addestrati, la maggior parte degli studenti scrive la reazione in questo modo:



e poi prosegue sbagliando la soluzione. Questo è uno dei tanti casi in cui la rappresentazione sbagliata conduce ad una soluzione sbagliata del problema. Lo sbaglio è conseguenza di una assunzione (magari inconscia) non dimostrata vera: le moli  $\text{NaCl}$  e  $\text{BaCl}_2$  nel miscuglio sono in rapporto 1:1. Questo problema è giudicato difficile dagli studenti; come può essere trasformato in un problema più facilmente risolvibile?

Applichiamo il metodo Hansel e Gretel. Secondo questo metodo, si pone noto il risultato (ad es.: 1,000 g  $\text{NaCl}$  e 1,000 g  $\text{BaCl}_2$ ) e con questo dato, si riformula il problema: un miscuglio formato da 1,000 g  $\text{NaCl}$  e 1,000 g  $\text{BaCl}_2$  viene sciolto in acqua e fatto reagire con un eccesso di nitrato di argento. Quale sarà la quantità di precipitato che si forma?

Si noti che non è stata fatta alcuna stima sul risultato del problema iniziale. Con il problema in questa forma, è più facile rappresentare il problema in modo corretto. Avvengono le reazioni:



2 SIA

(PA): N=14,01; O = 16,00; Na=22,99; Cl = 35,45; Ag=107,9; Ba=137,3

(PM): 58,44 g  $\text{NaCl}/\text{mol NaCl}$ ; 208,2 g  $\text{BaCl}_2/\text{mol BaCl}_2$ ; 143,4 g  $\text{AgCl}/\text{mol AgCl}$

$$1,000 \text{ g NaCl} = (1,000 \text{ g NaCl})/(58,44 \text{ g NaCl}/\text{mol NaCl}) = 1,711 \times 10^{-1} \text{ mol NaCl}$$

$$1,000 \text{ g BaCl}_2 = (1,000 \text{ g BaCl}_2)/(208,2 \text{ g BaCl}_2/\text{mol BaCl}_2) = 4,803 \times 10^{-3} \text{ mol BaCl}_2$$

Dalle reazioni si ricavano le relazioni stechiometriche:

$$1 \text{ mol NaCl} \sim 1 \text{ mol AgCl}$$

$$1 \text{ mol BaCl}_2 \sim 2 \text{ mol AgCl}$$

Al simbolo  $\sim$  attribuiamo il significato "in relazione con". Dalle relazioni stabilite, si ricavano i rapporti stechiometrici:

$$r_s = 1 \text{ mol AgCl}/1 \text{ mol NaCl}$$

$$r_s = 2 \text{ mol AgCl}/1 \text{ mol BaCl}_2$$

3 CVI

Calcolo della quantità di precipitato formato:

$$(1,711 \times 10^{-1} \text{ mol NaCl}) \times (1 \text{ mol AgCl}/1 \text{ mol NaCl}) = 1,711 \times 10^{-1} \text{ mol AgCl}$$

$$1,711 \times 10^{-1} \text{ mol AgCl} = (1,711 \times 10^{-1} \text{ mol AgCl}) \times (143,4 \text{ g AgCl}/\text{mol AgCl}) = 2,454 \text{ g AgCl}$$

(formato da 1,000 g NaCl)

$$(4,803 \times 10^{-3} \text{ mol BaCl}_2) \times (2 \text{ mol AgCl}/1 \text{ mol BaCl}_2) = 9,606 \times 10^{-3} \text{ mol AgCl}$$

$$9,606 \times 10^{-3} \text{ mol AgCl} = (9,606 \times 10^{-3} \text{ mol AgCl}) \times (143,4 \text{ g AgCl}/\text{mol AgCl}) = 1,378 \text{ g AgCl}$$

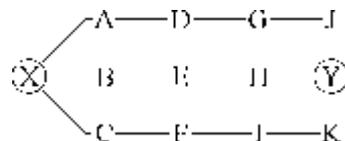
(formato da 1,000 g BaCl<sub>2</sub>)

$$2,454 \text{ g AgCl} + 1,378 \text{ g AgCl} = 3,832 \text{ g AgCl}$$

Arrivati a questo punto, sono state acquisite alcune informazioni importanti: 1. Le linee generali di un procedimento valido per risolvere il problema analogo iniziale, più difficile perché presenta la composizione incognita; 2. Una idea sulla composizione del miscuglio iniziale. Da 2,000 g di miscuglio si ottengono 3,832 g di precipitato. Per arrivare al doppio, è necessario che il miscuglio contenga più NaCl rispetto a BaCl<sub>2</sub>. Ora è possibile risolvere il problema iniziale: si indichi con x la quantità di NaCl e con y la quantità di BaCl<sub>2</sub> e si imponga la condizione  $(x + y)/2 = \text{quantità di AgCl}$ . Per aiutare i nostri studenti nell'uso di questo metodo, possiamo suggerire la domanda: *Se le richieste del problema fossero dati noti, con quale procedimento si possono ricavare i dati che il problema fornisce?*

Un procedimento inverso risolve il problema indiretto: è un po' come nella storiella di Hansel e Gretel. La fiaba racconta che andando nel bosco con i genitori, Hansel lasciava cadere dei sassolini bianchi. Quando i bambini furono abbandonati nel bosco, seguendo quei sassolini, riuscirono a tornare a casa. Così, ricorrendo a questo stratagemma, si riescono a risolvere problemi che ad una prima lettura sembrano impossibili. Questa strategia permette di diminuire la complessità del problema, ovvero il numero di schemi mentali richiesti dal compito, permettendo in certi casi agli studenti di riuscire a risolvere problemi che altrimenti sarebbero oltre le loro capacità.

Il lettore non digiuno dei metodi generali problem solving riconoscerà il metodo Hansel e Gretel come una variazione del metodo "Working Backwards" [58]. Immaginiamo la soluzione del problema come schematizzata nella seguente situazione: per risolvere il problema in modo corretto dobbiamo andare da X ad Y, naturalmente attraverso una serie di passaggi corretti. Se partiamo da X, abbiamo diverse possibili strade che ci sembrano promettenti e che immediatamente non individuamo la strada corretta:



se invece partiamo da Y, abbiamo una sola strada percorribile, e questo ci facilita il compito.

### Consapevolezza del processo di risoluzione

La ricerca mostra l'importanza del processo di elaborazione personale delle informazioni apprese nello studio della teoria. Uno strumento che favorisce l'apprendimento significativo e l'elaborazione personale delle informazioni sono le mappe concettuali; è stata trovata una correlazione significativa tra la qualità delle mappe concettuali e la capacità di risolvere i problemi [59]. È stata anche evidenziata l'importanza della consapevolezza delle strategie cognitive [60]: questo punto risulta essere decisivo e richiede una didattica differente nell'insegnamento della risoluzione di problemi.

Come abbiamo visto, la soluzione dei problemi riportata dai libri di testo e i problemi risolti dagli insegnanti in classe sono esempi di come esperti risolvono i problemi (meglio, gli esercizi) e non forniscono nessuna indicazione circa le difficoltà di chi per la prima volta tenta di risolvere questi problemi. L'informazione contenuta nel testo, le richieste del problema, la sua ridefinizione, la categorizzazione del problema, l'estrazione dei dati rilevanti, le procedure da richiamare, gli schemi attivati, i processi deduttivi, le informazioni aggiuntive, la ricerca di una rappresentazione adeguata costituiscono il carico mentale che deve essere gestito dalla memoria di lavoro che ha una capacità limitata. Per sperare di risolvere con successo un problema è necessario fare in modo corretto le seguenti operazioni mentali: comprendere, definire, elaborare, formalizzare e rappresentare il problema. La ricerca mostra che nel definire la possibilità di successo intervengono anche fattori affettivi e il desiderio di riuscire.

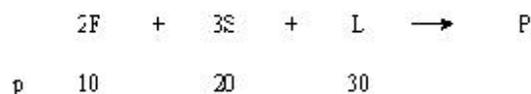
Di tutto questo, cosa viene trasferito attraverso il modo "normale" di insegnare ai nostri studenti? Non ci si deve perciò stupire se gli studenti incontrano delle difficoltà nell'affrontare i problemi. Gli studenti capiscono che è necessario risolvere in modo preciso i problemi e per questo ricorrono quando possono all'uso di algoritmi, spesso mandando a memoria dei procedimenti di risoluzione.

Un altro approccio è possibile e necessario. Gli studenti affrontano la soluzione dei problemi in modo attivo, inseriti in gruppi, rivestendo determinati ruoli e seguendo procedure strutturate [61]. Consideriamo il problema: 10,00 g di Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> vengono fatti reagire con 10,00 g di HCl. Calcolare a) i grammi di ciascuno dei prodotti; b) escogitare un sistema per verificare la correttezza del risultato ottenuto. Gli studenti avevano già risolto problemi analoghi forse alle scuole superiori.

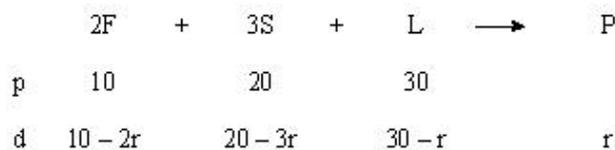
Delle 25 soluzioni consegnate, soltanto una è risultata numericamente corretta, ma il procedimento utilizzato era privo di sistematicità. Quasi tutti hanno utilizzato il principio della conservazione della massa: 20,00 g di reagenti devono formare 20,00 g di prodotti. Un gruppo ha trovato 17,12 g di prodotti ed ha concluso che l'errore commesso nei calcoli non era accettabile, perché si discostava più dell'1% da 20,00 g. Un paio di soluzioni individuali hanno considerato 30,00 g di reagenti, per via del 2 davanti a HCl. Questi sono errori ricorrenti, ed ogni anno questi procedimenti si ripetono. Che fare? Ernst von Glasersfeld suggerisce che gli studenti devono essere coinvolti nel costruire le soluzioni che risolvono i problemi, perché in questo modo è molto più probabile che si sviluppi la comprensione. Quando gli studenti fanno degli errori, l'insegnante dovrebbe provare a scoprire la concatenazione del pensiero che ha condotto lo studente a fare quella certa affermazione. Molto spesso il riesaminare i passaggi è sufficiente per far vedere allo studente che è richiesta una risposta differente. Ciò richiede tempo – ma in questo modo lo studente verrà aiutato a riflettere su come ha ottenuto la risposta e questa riflessione contribuirà in futuro ad evitare gli stessi errori [62].

### Il ricorso alle analogie

Per aiutare gli studenti nella comprensione del calcolo stechiometrico viene proposto un ragionamento sistematico basato su un esempio familiare [63]. Si hanno a disposizione 10 fette di pane, 20 fette di salame e 30 foglie di lattuga; si confezionano panini con due fette di pane (F), 3 fette di salame (S) e 1 foglia di lattuga (L). Quanti panini (P) si possono fare? In simboli, indicando con  $p$  l'istante prima del confezionamento e con  $d$  l'istante dopo, si ha:



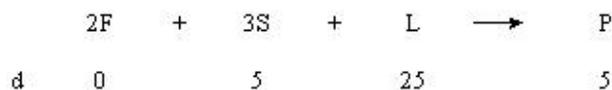
l'esperienza ci dice che non si possono avere più di 5 panini, altrimenti la quantità F diverrebbe negativa. Ma qual è il ragionamento sistematico che permette di ricavare il numero di panini che rende nulla la quantità di uno (o più) reagenti? Infatti, ragioni fisiche impongono che la massa non sia negativa. Indichiamo con  $r$  le operazioni che formano un panino; per ogni  $r$  che avviene, si ha un panino prodotto. L'espressione formale indica che per ogni panino prodotto, F diminuisce di 2 unità, S diminuisce di 3 unità ed L diminuisce di 1 unità.



Viene fatto notare che i coefficienti davanti ad  $r$  sono i coefficienti davanti ai "reagenti" e ai "prodotti", e le relazioni stechiometriche esistenti tra le varie "sostanze". Si calcola  $r$  imponendo il limite fisico:

$$\begin{aligned} 10 - 2r &\geq 0 \\ 20 - 3r &\geq 0 \\ 30 - r &\geq 0 \end{aligned}$$

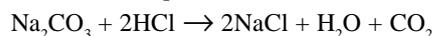
Il valore  $r = 10/2$  soddisfa tutte le disequazioni. Si ottengono perciò 5 panini; dopo si ha:



Il componente F, quello che va a zero per primo, in una reazione chimica è il reagente limitante. Si farà notare come verifica del risultato ottenuto che il "prodotto" è formato esattamente dai "reagenti" che hanno reagito.

Ritorniamo alla soluzione del problema: 10,00 g di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  vengono fatti reagire con 10,00 g di HCl. Calcolare a) i grammi di ciascuno dei prodotti; b) escogitare un sistema per verificare la correttezza del risultato ottenuto. Prima della presentazione della soluzione del problema analogo, la soluzione più comune è stata la seguente:

1. Bilanciamento dell'equazione chimica:



2. Calcolo della composizione percentuale di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  e della massa degli elementi:

$$\% \text{ Na} = 43,38\%; 4,338 \text{ g Na}$$

$$\% \text{ C} = 11,33\%; 1,133 \text{ g C}$$

$$\% \text{ O} = 45,29\%; 4,529 \text{ g O}$$

160 3. Composizione percentuale di HCl e massa degli elementi:

$$\% \text{ H} = 2,765\%; 0,2758 \text{ g H}$$

$$\% \text{ Cl} = 97,24\% = 9,724 \text{ g Cl}$$

4. Calcolo dei grammi dei prodotti:

$$g \text{ NaCl} = 4,338 \text{ g Na} + 9,724 \text{ g Cl} = 14,06 \text{ g NaCl}$$

$$g \text{ H}_2\text{O} = 0,2758 \text{ g H} + (1 \text{ atomo O}) \times (4,529 \text{ g O}/3 \text{ atomi O}) = 1,785 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$g \text{ CO}_2 = 1,133 \text{ g C} + (2 \text{ atomi O}) \times (4,529 \text{ g O}/3 \text{ atomi O}) = 4,152 \text{ g CO}_2$$

5. Verifica:  $14,06 \text{ g NaCl} + 1,785 \text{ g H}_2\text{O} + 4,152 \text{ g CO}_2 = 19,99 \text{ g}$

L'errore consiste nell'aver utilizzato il principio della conservazione della massa in modo improprio: 20,00 g di reagenti devono formare 20,00 g di prodotti. Dopo della presentazione della soluzione del problema analogo, quella che segue è una delle soluzioni proposte, nella quale tutti ci riconosciamo:

1. Calcolo di  $r$  ( $r$  = moli di reazione che avvengono) e del reagente limitante (RL):

$$\text{RL} = \text{Na}_2\text{CO}_3, r = 9,434 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

2. Calcolo della massa dei prodotti:

$$g \text{ NaCl} = (2r \text{ mol NaCl}) \times (58,44 \text{ g NaCl/mol NaCl}) = 11,03 \text{ g NaCl}$$

$$g \text{ H}_2\text{O} = (r \text{ mol H}_2\text{O}) \times (18,02 \text{ g H}_2\text{O/mol H}_2\text{O}) = 1,700 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$g \text{ CO}_2 = (r \text{ mol CO}_2) \times (44,01 \text{ g CO}_2/\text{mol CO}_2) = 4,152 \text{ g CO}_2$$

Ma sono state escogitate altre soluzioni:

1. Calcolo del reagente limitante:

$$106,0 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 : 10,00 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 = 72,92 \text{ g HCl} : x \text{ g HCl}; x = 6,879 \text{ g HCl}$$

2. Massa degli elementi in 10,00 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ : 4,338 g Na ; 1,133 g C ; 4,528 g O.

3. Massa degli elementi in 6,879 g HCl: 0,1902 g H; 6,688 g Cl

4. Calcolo dei grammi dei prodotti:

$$g \text{ NaCl} = 4,338 \text{ g Na} + 6,688 \text{ g Cl} = 11,03 \text{ g NaCl}$$

$$g \text{ H}_2\text{O} = 0,1902 \text{ g H} + (1 \text{ atomo O}) \times (4,528 \text{ g O}/3 \text{ atomi O}) = 1,700 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$g \text{ CO}_2 = 1,133 \text{ g C} + (2 \text{ atomi O}) \times (4,528 \text{ g O}/3 \text{ atomi O}) = 4,151 \text{ g CO}_2$$

5. Verifica:  $11,03 \text{ g NaCl} + 1,700 \text{ g H}_2\text{O} + 4,151 \text{ g CO}_2 = 16,88 \text{ g prodotti}$ .

1. Massa dei prodotti:  $10,00 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 + 6,879 \text{ g HCl} = 16,88 \text{ g prodotti}$

$$(16,88 \text{ g prodotti})/\text{PM}(2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2) = 9,435 \times 10^{-2} \text{ mol prodotti}$$

dove PM è il peso molecolare.

$$(9,435 \times 10^{-2} \text{ mol prodotti}) \times (116,9 \text{ g NaCl/mol prodotti}) = 11,03 \text{ g NaCl}$$

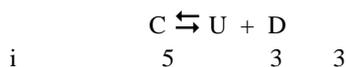
$$(9,435 \times 10^{-2} \text{ mol prodotti}) \times (18,02 \text{ g H}_2\text{O/mol prodotti}) = 1,700 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$(9,435 \times 10^{-2} \text{ mol prodotti}) \times (44,01 \text{ g CO}_2/\text{mol prodotti}) = 4,152 \text{ g CO}_2$$

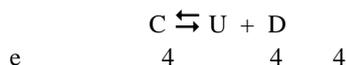
Senza'altro possiamo riconoscere questo come un procedimento originale.

Un'altra analogia è stata utilizzata per far costruire agli studenti la soluzione di problemi sugli equilibri gassosi [64].

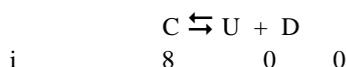
Consideriamo una sala da ballo in cui sono presenti 8 uomini (U) e 8 donne (D). Ad un certo istante ci sono 5 coppie (C) che ballano; stabiliamo che la situazione è all'equilibrio quando  $U \times D/C = 4$  ( $K$  a temperatura ambiente). In simboli:



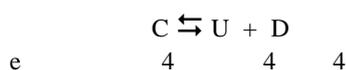
Dove  $i$  significa inizio (non equilibrio) e nel seguito  $e$  equilibrio. Per capire l'evoluzione del sistema, si calcola  $Q$  (quoziente di reazione:  $Q = (U \times D/C)_i$ ). Se  $Q \neq K$ , la termodinamica ci dice che deve avvenire una reazione. Per capire in quale direzione avviene la reazione per raggiungere l'equilibrio, si considera la disequaglianza  $K > Q$ : se è verificata la reazione avviene verso destra; nel caso contrario, avviene verso sinistra. Stabiliti quali sono i reagenti e quali i prodotti nella reazione che deve avvenire, si farà in modo che i reagenti diminuiscano e i prodotti aumentino. Quando  $Q = K$ , il sistema è all'equilibrio. Nel caso in esame,  $4 > 3 \times 3/5$ , la relazione è verificata e la reazione avviene verso destra. Per ogni C che si rompe, si forma un D e un U. Si ottiene:



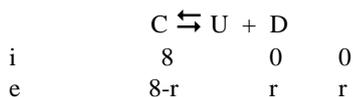
che soddisfa la relazione  $U \times D/C = 4$ . Si consideri ora la situazione:



Anche in questo caso la disequaglianza  $K > Q$  è verificata. Se si fa avvenire una mole di reazione alla volta, si avranno varie situazioni intermedie compresa quella del caso precedente; si avrà all'equilibrio:

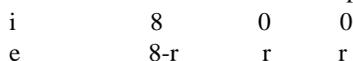


Lo stesso risultato si ottiene indicando con  $r$  le moli di reazione che avvengono per stabilire l'equilibrio:



con  $r$  compreso nell'intervallo  $0 < r < 8$ .

Poi è stato chiesto di risolvere il problema: Per la reazione  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ ,  $K$  vale 50,0. Vengono messe a

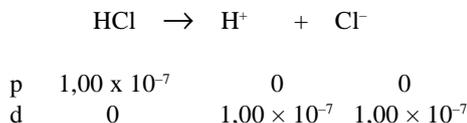


con  $r$  compreso nell'intervallo  $0 < r < 8$ .

Poi è stato chiesto di risolvere il problema: Per la reazione  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ ,  $K$  vale 50,0. Vengono messe a reagire 2,00 moli di iodio con 1,00 moli di idrogeno in un reattore del volume di 1,00 L. Calcolare le concentrazioni all'equilibrio e stabilire poi un sistema per eseguire la verifica del risultato. Un gruppo di tre e uno studente da solo (su circa 60 studenti) hanno sbagliato la soluzione; tutti gli altri hanno impostato e risolto correttamente il problema e quattro gruppi hanno escogitato un sistema corretto di verifica basato sul controllo di U/D/C e sull'uguaglianza dei grammi di reagenti che hanno reagito e dei grammi di HI ottenuti.

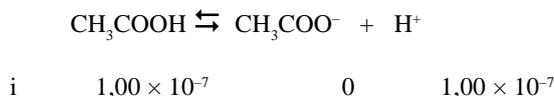
### Equilibri ionici

Come è che vengono risolti i problemi sugli equilibri ionici? Da moltissimi anni i problemi sugli equilibri ionici in chimica generale vengono risolti ricorrendo al metodo di Butler: la regola dell'approssimazione del 5% [65]. In pratica questo metodo si riduce ad applicare in modo abbastanza meccanico delle formule che funzionano a seconda dei vari "casi": acido forte; acido debole; soluzione tampone; idrolisi, prodotto di solubilità. Sfortunatamente l'esperienza dice che questo metodo in mano agli studenti produce anche soluzioni completamente sbagliate. Da circa 20 anni ho sviluppato un metodo logico, che utilizza semplici informazioni chimiche e un opportuno ragionamento. Consideriamo il problema: Calcolare il pH di una soluzione che contiene HCl e  $CH_3COOH$  entrambi alla concentrazione  $1,00 \times 10^{-7}$  M.  $K_a = 1,753 \times 10^{-5}$  M. Sebbene sia un caso poco reale, questo problema permette di evidenziare alcuni punti importanti del metodo. Se chiediamo ai nostri studenti di passare ai calcoli, non è difficile trovare come soluzione:  $pH = 7,000$ , oppure,  $[H^+] = (K_a C_a)^{1/2} = 1,32 \times 10^{-6}$  mol  $L^{-1}$ , senza neanche chiedersi come sia possibile ottenere un valore di  $[H^+]$  che è 13,2 volte il valore di  $C_a$  [66]. Un altro risultato possibile, sarà il pH che deriva dalla somma delle due concentrazioni  $H^+$  ricavate sopra. Vediamo ora come si possa risolvere questo problema in un altro modo. L'acido cloridrico è un acido forte, completamente ionizzato; indicando con  $p$  la situazione prima che la reazione avvenga e con  $d$  la situazione dopo che la reazione è avvenuta, si ha:

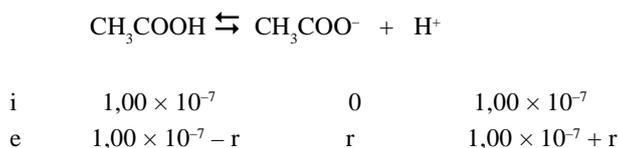


$$[H^+]_{HCl} = 1,00 \times 10^{-7} \text{ mol } L^{-1}$$

L'acido acetico è un acido debole, parzialmente ionizzato; indicando con  $i$  la situazione all'inizio (non equilibrio), con  $e$  la situazione all'equilibrio e con  $r$  le mol  $L^{-1}$  di acido acetico che si ionizzano, si ha:



Si calcola  $Q$ , quoziente di reazione:  $Q = [CH_3COO^-]_i [H^+]_i / [CH_3COOH]_i = 0$ ; poiché  $K_a > Q$ , la reazione avviene verso i prodotti. Se  $r$  mol  $L^{-1}$  di acido acetico si ionizzano, all'equilibrio si ha:



$r$  sarà compreso nell'intervallo  $0 < r < 1,00 \times 10^{-7}$  M.

$$K_a [CH_3COOH] = [CH_3COO^-] [H^+]$$

$$(1,753 \times 10^{-5} \text{ M}) \times (1,00 \times 10^{-7} \text{ M} - r \text{ M}) = (r \text{ M}) \times (1,00 \times 10^{-7} \text{ M} + r \text{ M})$$

$$162 \quad r = 9,887 \times 10^{-8} \text{ mol } L^{-1}$$

$$[\text{H}^+] = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} + r \text{ M} = 1,989 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

Dopo aver considerato tutte le possibili equazioni delle sostanze più forti, lo studente considera la ionizzazione dell' $\text{H}_2\text{O}$ :



i	$1,989 \times 10^{-7}$	0	
e	$1,989 \times 10^{-7} + s$	s	

Anche in questo caso,  $K_w > Q$ ; perciò la reazione deve avvenire verso i prodotti e  $r$  deve essere compreso nell'intervallo  $0 < s < (K_w)^{1/2} \text{ M}$ . Si ottiene:  $s = 4,16 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$

Se ritorniamo ai calcoli fatti per calcolare la ionizzazione dell'acido acetico, dobbiamo riconoscere che il ragionamento e i calcoli sono stati condotti senza tener conto della ionizzazione dell' $\text{H}_2\text{O}$ ; ora dobbiamo vedere come l'acqua possa influire sulla ionizzazione dell'acido acetico. Prima della ionizzazione dell'acido acetico, l' $\text{HCl}$  è completamente ionizzato e l'acqua è ionizzata secondo quanto appena trovato:

$[\text{H}^+] = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} + s \text{ M} = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} + 4,16 \times 10^{-8} \text{ M} = 1,416 \times 10^{-7} \text{ M}$ . Si ha perciò la situazione seguente:



i	$1,00 \times 10^{-7}$	0	$1,416 \times 10^{-7}$
e	$1,00 \times 10^{-7} - r$	r	$1,416 \times 10^{-7} + r$

Risolvendo si ottiene:  $r = 9,86 \times 10^{-8} \text{ M}$ .

Ora è necessario verificare se dobbiamo fare altre iterazioni o se da un punto di vista numerico le soluzioni ottenute soddisfano la verifica:

$$[\text{H}^+] = 1,416 \times 10^{-7} + 9,86 \times 10^{-8} \text{ M} = 2,40 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = s \text{ mol L}^{-1} = 4,16 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} - r \text{ M} = 1,35 \times 10^{-9} \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 9,86 \times 10^{-8} \text{ M}$$

Con questi valori si provano i valori numerici delle costanti e il bilancio di carica:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 9,99 \times 10^{-15} \text{ M}^2$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]/[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1,753 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} + 4,16 \times 10^{-8} \text{ M} + 9,86 \times 10^{-8} \text{ M} = 2,40 \times 10^{-7} \text{ M} = [\text{H}^+]$$

I valori numerici ottenuti soddisfano la verifica, tenendo conto delle cifre significative.

Niente male: si è ottenuta una soluzione numericamente corretta, attraverso un ragionamento. Ma cosa si doveva fare se la verifica non fosse risultata soddisfacente? Nessun problema: si dovrebbe nuovamente calcolare l'influenza della ionizzazione dell'acido acetico sull'acqua e si considera la situazione iniziale:

$$[\text{H}^+] = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} + r \text{ M} = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} + 9,86 \times 10^{-8} \text{ M} = 1,986 \times 10^{-7} \text{ M}$$

Provi il lettore a verificare che il nuovo valore di  $s$  coincide col precedente, tenendo conto delle cifre significative. Ulteriori esempi su come applicare questo metodo si possono trovare in letteratura [67-71].

### Comprensione concettuale del problema e sua rappresentazione

Per la corretta soluzione del problema, una corretta definizione del problema (personale comprensione concettuale del problema) è fondamentale: differenti definizioni dello stesso problema conducono a diverse strategie di risoluzione. Una precisa definizione permette di giungere ad una appropriata rappresentazione del problema. La rappresentazione è l'aspetto centrale nella risoluzione di molti problemi chimici; in generale essa è collegata alla maniera con cui una persona comprende il problema nella propria testa. La rappresentazione del problema guida la maniera di risolvere il problema; una errata rappresentazione produce una procedura errata di risoluzione.

Allen Newell e Herbert Simon, nella loro monumentale opera sul problem solving sottolineano a più riprese l'importanza della rappresentazione del problema e affermano che "esistono problemi nei quali l'intera difficoltà della soluzione risiede nel trovare la giusta rappresentazione" [72]. Il seguente problema illustra questo punto: un cilindro (A) contiene 10 mL di acqua del Mare Adriatico; un altro cilindro (B) contiene 9 mL di acqua del Mare Tirreno. 1 mL di acqua viene prelevata da A e versata in B. Il contenuto di B viene mescolato perfettamente. 1 mL di acqua viene ora prelevata da B e versata in A. Quale recipiente contiene più acqua "estranea", l'acqua dell'Adriatico essendo estranea in B o l'acqua del Tirreno risultando estranea in A [73]?

Questo problema è stato presentato nella prima lezione di un corso universitario di Chimica Generale e a casa gli studenti lo hanno risolto in modo numerico e quasi tutti lo hanno risolto in modo corretto. Poi, per farli riflettere sulla difficoltà di essere consapevoli degli schemi mentali attivati dai processi cognitivi, è stata richiesta la rappresentazione migliore che ha permesso la soluzione del problema. Solo dopo circa 3 settimane è stata consegnata la prima rappresentazione del problema. Questo fatto mostra quanto poco i nostri studenti sono abituati a riflettere su punti decisivi del problem solving.

### Processi creativi

Certamente la creatività è un aspetto non secondario e dovrebbe essere un risultato auspicabile del processo educativo. Ma come si fa a svilupparla? La valutazione di progetti che miravano a stimolare la creatività conclude che questi progetti hanno prodotto risultati contrastanti, spesso inferiori a quanto promettevano [74]. La creatività è un processo che fa nascere

qualcosa di nuovo e l'attivazione del processo si pensa avvenga attraverso una sequenza di fasi sovrapposte: 1) riconoscere e sperimentare un problema impegnativo; 2) disporre della necessaria conoscenza e delle risorse per uno sforzo lungo e intenso necessario per risolvere il problema; 3) sperimentare un periodo di incubazione dove temporaneamente si abbandona il problema, magari dopo aver provato tensione, sensazione di fallimento e sconforto per non saperlo risolvere; 4) rileggere o ripensare il problema da una prospettiva differente e riformularlo in un modo che lasci intravedere nuove vie verso una soluzione, che emerge in un momento di ispirazione o insight (spesso accompagnato da un senso di illuminazione e di eccitamento); 5) elaborare, dettagliare e verificare la soluzione ottenuta [75].

Edward de Bono definisce il pensiero creativo o pensiero laterale come "pensiero non lineare, non sequenziale e non logico. ... Non si scava un'altra buca approfondendo lo scavo della stessa buca" [76]. Oppone il pensiero creativo al pensiero verticale; quest'ultimo parte da una posizione, costruisce un ragionamento, derivando inferenze dalla posizione iniziale, senza considerare o valutare altre posizioni. Ma come decidere quando un processo produce un evento creativo? La creatività può essere valutata attraverso la tecnica della valutazione consensuale: un'opera è creativa se un esperto la valuta tale [77]. È possibile che i nostri studenti siano creativi?

Consideriamo il problema: Un miscuglio di cloruro di calcio e cloruro di potassio contiene il 50,00% di cloro. Calcolare la percentuale di calcio nel miscuglio. Nella soluzione di questo problema, uno studente ha calcolato la percentuale di cloro nei due composti:

$$\text{In KCl: } 100 \times (35,45 \text{ g Cl/mol Cl}) / (74,55 \text{ g/mol}) = 47,55\%$$

$$\text{In CaCl}_2: 100 \times (70,90 \text{ g Cl}_2/\text{mol Cl}_2) / (111,0 \text{ g/mol}) = 63,87\%$$

La strada che ha seguito è di cercare il rapporto tra KCl e CaCl<sub>2</sub> in modo che il miscuglio soddisfi la richiesta del problema. Ha calcolato lo scarto tra le percentuali:

$$|63,87\% - 50,00\%| = 13,87\%$$

$$|47,55\% - 50,00\%| = 2,45\%$$

Ma poi si è perso. Per questa via è però possibile risolvere il problema: è l'algoritmo della regola della croce. Gli studenti sono stati invitati a lavorare a casa su questo problema. Poiché nessuno ha consegnato una soluzione sviluppata seguendo questa impostazione, è stato deciso di "perdere" una mezz'ora e gli studenti hanno lavorato su questo problema in classe nei gruppi, ciascuno secondo il proprio ruolo. Dopo circa 20 minuti, uno studente ha consegnato una soluzione che soddisfaceva la verifica. Nei successivi 5 minuti, sono state consegnate altre 4 soluzioni originali, sviluppate dagli studenti.

Da diversi anni propongo agli studenti alcuni problemi del calcolo stechiometrico, che risultano impegnativi anche per noi esperti. Consideriamo il problema: un miscuglio contenente NaCl, NaClO<sub>3</sub> e KClO<sub>3</sub> dà all'analisi 33,40% di ossigeno e 16,00% di sodio. Calcolare la percentuale di potassio nel miscuglio [78].

Noi esperti siamo in grado di risolvere questo problema ricorrendo ad algoritmi più o meno elaborati. Due studenti, allenandosi a risolvere i problemi in gruppi, secondo il metodo cooperativo, hanno risolto il problema nel modo che segue.

Base per il calcolo: 100,0 g di miscuglio (msc).

100,0 g msc contengono 16,00 g Na e 33,40 g O;

100,0 g msc - (16,00 g Na + 33,40 g O) = 50,60 g K e Cl.

16,00 g Na =  $6,959 \times 10^{-1}$  mol Na

In NaCl e in NaClO<sub>3</sub>, ad ogni mole di sodio corrisponde 1 mole di cloro; ovvero si hanno  $6,959 \times 10^{-1}$  mol Cl (in NaCl e NaClO<sub>3</sub>)

$(6,959 \times 10^{-1} \text{ mol Cl}) \times (35,45 \text{ g Cl/mol Cl}) = 24,67 \text{ g Cl (in NaCl e NaClO}_3)$

50,60 g K e Cl - 24,67 g Cl = 25,93 g K e Cl (in KClO<sub>3</sub>)

In KClO<sub>3</sub>, per ogni mole di potassio c'è 1 mole di cloro:

$$39,10 \text{ g K} + 35,45 \text{ g Cl} = 74,55 \text{ g K} + \text{Cl}$$

$$74,55 \text{ g (K} + \text{Cl)} : 39,10 \text{ g K} = 25,93 \text{ g (K} + \text{Cl)} : x \text{ g K}; x = 13,60 \text{ g K}$$

Verifica

$$100,0 \text{ g msc} - (13,60 \text{ g K} + 16,00 \text{ g Na} + 33,40 \text{ g O}) = 37,00 \% \text{ Cl}$$

$$13,60 \text{ g K} = 3,478 \times 10^{-1} \text{ mol K} = 3,478 \times 10^{-1} \text{ mol KClO}_3 = 42,64 \text{ g KClO}_3 / 100,0 \text{ g msc}$$

$$33,40 \text{ g O} = 2,088 \text{ mol O}$$

$$2,088 \text{ mol O} - (3,478 \times 10^{-1} \text{ mol KClO}_3) \times (3 \text{ mol O} / 1 \text{ mol KClO}_3) = 1,045 \text{ mol O (in NaClO}_3)$$

$$(1,045 \text{ mol O}) \times (1 \text{ mol KClO}_3 / 3 \text{ mol O}) = 3,483 \times 10^{-1} \text{ mol NaClO}_3$$

$$(3,483 \times 10^{-1} \text{ mol NaClO}_3) \times (106,4 \text{ g NaClO}_3 / 1 \text{ mol NaClO}_3) = 37,06 \text{ g NaClO}_3 / 100,0 \text{ g msc}$$

$$24,67 \text{ g Cl} = 6,959 \times 10^{-1} \text{ mol Cl (in NaCl e NaClO}_3)$$

$$6,959 \times 10^{-1} \text{ mol Cl} - 3,483 \times 10^{-1} \text{ mol NaClO}_3 = 3,476 \times 10^{-1} \text{ mol NaCl}$$

$$(3,476 \times 10^{-1} \text{ mol NaCl}) \times (58,44 \text{ g NaCl} / 1 \text{ mol NaCl}) = 20,31 \text{ g NaCl} / 100,0 \text{ g msc}$$

Si ha perciò:

$$20,31 \text{ g NaCl} + 37,06 \text{ g NaClO}_3 + 42,64 \text{ g KClO}_3 = 100,0 \text{ g msc.}$$

**164** Niente male! Certamente questo è un risultato didattico importante. Diversi altri esempi, sempre relativi a problemi di chimica, sono stati pubblicati in un altro articolo [79]. La buona notizia è che ora questi processi creativi sono diventati alla portata di una buona parte degli studenti.

### Considerazioni finali

Il materiale qui presentato, frutto di molti anni di ricerca per cercare di capire come rendere gli studenti più abili nel problem solving, non vuol essere una ricetta, ma piuttosto tante canzoni eseguite suonando la stessa musica: è l'impegno e la passione di noi insegnanti che può fare la differenza. Molti studenti sono disponibili a fare molto di più di quanto viene loro usualmente richiesto, ma sta a noi andare avanti e mostrare loro la strada. E ci saranno degli studenti che si attardano, oppure camminano più lentamente. Dalla mia esperienza vedo che tutti partecipano al 'gioco'. Noi saremo appagati dai rispettabili risultati didattici e i nostri studenti saranno felici di scoprire che hanno molte capacità e ci saranno grati perché abbiamo creduto in loro. Solo belle parole? Se saremo disposti a impegnarci sul serio, il nostro entusiasmo farà la differenza: provare per credere!

### Una sfida, per divertimento

Ho iniziato riportando gli aspetti positivi del problem solving nell'istruzione. A mio parere, l'amico Mike Watts ne ha dimenticato uno: risolvere problemi ci coinvolge facilmente perché diverte! Consideriamo il problema: Un miscuglio di  $\text{CH}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  e  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$  del peso di 44,37 g dà all'analisi elementare: C = 68,74%; H = 8,905% ed il resto ossigeno. Calcolare i grammi di  $\text{C}_6\text{H}_6$  nel miscuglio [80]. Nel riferimento riportato è stata pubblicata una soluzione algoritmica basata su un sistema di equazioni. Proviamo a cambiare le regole del gioco e si cerchi una soluzione che utilizzi soltanto un ragionamento. I miei studenti hanno trovato più di una strada corretta: e il lettore?

### Bibliografia e note

1. R. E. Mayer, *Thinking, problem solving, cognition*, 2nd Ed., W. H. Freeman: New York, 1992, p. 327.
2. S. C. Nurrenbern, M. Pickering, Concept Learning versus Problem Solving: Is There a Difference?, *J. Chem. Educ.*, 1987, **64**, 509.
3. B. A. Sawrey, Concept Learning versus Problem Solving: Revised, *J. Chem. Educ.*, 1990, **67**, 253.
4. Algoritmo: "un insieme di regole o direttive atte a fornire una risposta specifica a una specifica entrata.", D. E. Knuth, "Gli algoritmi", *Le Scienze*, 1977, **19**, 9; "a set of rules which are to be learnt and which if applied correctly to an appropriate standard problem will lead automatically to a solution of the problem", M. J. Frazer, "Solving Chemical Problems", *Chem. Soc. Rev.*, 1982, **11**, 181; "questions that require the use of a memorized set of procedures for their solutions.", U. Zoller, A. Lubetzky, M. B. Nakhleh, B. Tessier, Y. J. Dori, "Success on Algorithmic and LOCS: vs. Conceptual Chemistry Exam Questions", *J. Chem. Educ.*, 1995, **72**, 987; "[A] mechanistic application of taught/recalled/known/, but not necessarily understood, procedure, already familiar to the learner through previous specific directives or practice or both.", U. Zoller, G. Tsaparlis, "Higher and lower-cognitive skills: The case of chemistry.", *Research in Science Education*, 1997, **27**(1), 117.
5. U. Zoller, "Are Lecture and Learning Compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS", *J. Chem. Educ.*, 1993, **70**, 195.
6. C. Cornoldi, Presentazione all'edizione italiana, R. J. Stemberg, L. Spear-Swerling, *Le tre intelligenze*, Erickson: Trento 1997, p. 8.
7. D. R. Woods, Ideas for Action, *J. Coll. Sci. Teach.*, 1985 **14** (5), 522-524. p. 522.
8. L. Cardellini, Il metodo ASV per risolvere i problemi chimici, *La Chimica nella Scuola*, 1984, **6**, 4-6.
9. M. Niaz, W. R. Robinson, From 'Algorithmic Mode' to 'Conceptual Gestalt' in Understanding the Behaviour of Gases: an epistemological perspective, *Research in Science & Technological Education*, 1992, **10** (1), 53-64.
10. M. Niaz, "Relationship between student performance on conceptual and computational problems of chemical equilibrium", *Int. J. Sci. Educ.*, 1995, **17**, 343-355; M. Niaz, "Progressive Transition from Algorithmic to Conceptual Understanding in Student Ability to Solve Chemistry Problems: A Lakatosian Interpretation", *Sci. Educ.*, 1995, **79**, 19-36.
11. M. Watts, *The Science of Problem-solving*, Cassell Educational Limited: London, 1991, p. 15.
12. M. Selvaratnam, Use of problems in chemistry courses, *Educ. Chem.*, 1974, **11**, 201.
13. A. E. Lawson, W. T. Wollman, Using Chemistry Problems to Provoke Self-Regulation, *J. Chem. Educ.*, 1977, **54**, 41.
14. *Il nuovo Zingarelli*, Zanichelli: Bologna, 1989.
15. F. Reif, How can Chemists Teach Problem Solving? Suggestions Derived from Studies of Cognitive Processes, *J. Chem. Educ.*, 1983, **60**, 948.
16. "Whenever there is a gap between where you are now and where you want to be, and you don't know how to find a way to cross the gap, you have a problem.", J. R. Hayes, *The complete problem solver*, 2nd Ed., Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1989, p. xii. Una definizione simile è adottata da: D. L. Gabel, D. M. Bunce, Research on problem solving: chemistry, in D. L. Gabel, (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Macmillan Publ. Co.: New York, 1994, p. 301. Sono note altre definizioni, importanti per lo sviluppo della conoscenza dei metodi problem solving: "A person is confronted with a problem when he wants something and does not know immediately what series of actions he can perform to get it.", A. Newell, H. A. Simon, *Human problem solving*, Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1972, p. 72; "problem solving is what you do when you don't know what to do", G. H. Wheatley, *Problem solving in school mathematics*, MEPS Technical Report No. 84.01: West Lafayette, IN, 1984, p. 1; la stessa definizione è riportata in: J. D. Herron, *The Chemistry Classroom: formulas for Successful Thinking*, American Chemical Society: Washington, DC, 1996, p. 64; Problem-solving is "the ability of students to answer correctly questions of the type commonly found in formal school or college examinations.", R. F. Kempa, C. E. Nicholls, "Problem-solving ability and cognitive structure - an exploratory investigation", *Eur. J. Sci. Educ.*, 1983, **5**, 171; "A problem is presented by any novel situation from which one has to escape or within which one wishes to achieve some result. There is a goal - but the path to the goal is not clear and open." "Problem-solving is a process by which the learner discovers a combination of previously learned rules that he can apply to achieve a solution for a new situation.", C. Holroyd, What is a Problem? What is Problem Solving?, In A. H. Johnstone, (Ed.), *Problem Solving. Is there a problem?*, The Royal Society of Chemistry: St. Andrews, 1985, p. 5; "Status as a problem is not an innate characteristic of a question, it is a subtle interaction between the question and the individual trying to answer the question.", G. M. Bodner, The Role of Algorithms in Teaching Problem Solving, *J. Chem. Educ.*, 1987, **64**, 513-514; A problem is "a stimulus situation for which an organism does not have a response"; problem solving is "the activity whereby a best value is determined for an unknown, subject to a specific set of conditions.", D. R. Woods, C. M. Crowe, T. W. Hoffman, J. D. Wright, 56 challenges to teaching problem solving, *CHEM 13 News*, 1985, 155, 1-12; la stessa definizione è riportata in: D. R. Woods, PS Corner, *J. Coll. Sci. Teach.*, May 1983, 446.
17. A. Newell, H. A. Simon, *Human problem solving*, Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1972.
18. J. R. Hayes, *The complete problem solver*, 2nd Ed., Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1989, p. 35.
19. M. W. Matlin, *Cognition*, 4th ed., Harcourt Brace & Co.: Orlando, FL, 1998, p. 354.
20. A. Johnstone, *Creative problem solving in Chemistry*, in C. Wood, (Ed.), The Royal Society of Chemistry: London, 1993, p. IV-VI.
21. G. Chittleborough, Creative problem-solving in chemistry - approaching competence in the teaching of this significant competency, in C. L. Fogliani, (Ed.), *Australian Chemistry Resource Book*, 1995, **14**, 59-77.
22. M. J. Frazer, Solving Chemical Problems, *Chem. Soc. Rev.*, 1982, **11**, 171.
23. H. Kaney, *Problem Solving: a Cognitive Approach*, Open University Press: Milton Keynes, 1986, p. 20-21.

24. a) J. Larkin, J. McDermott, D. P. Simon, H. A. Simon, Expert and Novice Performance in Solving Physics Problems, *Science*, 1980, **208**, 1335;  
 b) J. Larkin, J. McDermott, D. P. Simon, H. A. Simon, Model of Competence in Solving Physics Problems, *Cognitive Science*, 1980, **4**, 317.
25. A. G. Priest, R. O. Lindsay, New light on novice-expert differences in physics problem solving, *British Journal of Psychology*, 1992, **84**, 389.
26. R. Reif, Teaching problem solving - A scientific approach, *Phys. Teacher*, 1981, May, 310; R. Reif, Scientific approaches to science education, *Physics Today*, 1986, November, 48.
27. M. T. H. Chi, P. J. Feltoich, R. Glaser, Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices, *Cognitive Science*, 1981, **5**, 121.
28. J. H. Larkin, The Role of Problem Representation in Physics, in D. Gentner, A. L. Stevens (Eds), *Mental models*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1983, p. 75.
29. J. Pascual-Leone, J. Johnson, A dialectical constructivistic view of representation: role of mental attention, executives, and symbols, in I. E. Sigel (Ed.), *The development of representational thought: Theoretical perspectives*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, in stampa.
30. Nella soluzione del problema, c'è un primo stadio dove si cerca di comprendere il testo; "this is a holistic or gestalt stage where relevant information is "disembedded" from the problem, and the elements of the problem are juggled more or less simultaneously until the problem is "re-structured" or transformed into a problem that the student understands" G. M. Bodner, T. L. B. McMillen, Cognitive restructuring as an early stage in problem solving, *J. Res. Sci. Teach.*, 1986, **23**, 727. Enfasi aggiunta.
31. J. A. Easley, Jr., The Structural Paradigm in Protocol Analysis in J. Lochhead, J. Clement, (Eds), *Cognitive Process Instruction*, The Franklin Institute Press: Philadelphia, 1979, p. 33; J. G. Greeno, A view of mathematical problem solving in school in M. U. Smith, (Ed.), *Toward a Unified Theory of Problem Solving. Views From the Content Domains*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1991, p. 76-82.
32. J. R. Anderson, J. G. Greeno, P. J. Kline, D. M. Neves, Acquisition of Problem-Solving Skill in J. R. Anderson, (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1981, p. 191-230.
33. J. Clement, J. Lochhead, G. S. Monk, Translation difficulties in learning mathematics, *Amer. Math. Month.*, 1981, **88**, 286; M. Hegarty, R. E. Mayer, C. A. Monk, Comprehension of Arithmetic Word Problems: A Comparison of Successful and Unsuccessful Problem Solvers, *Journal of Educational Psychology*, 1995, **87**, 18.
34. "Textbook solutions to problems and solutions presented by teachers in class are almost always efficient, well-organized paths to correct answers. They represent algorithms developed after repeated solutions of similar problems.", J. D. Herron, What Can We Do About Sue: A Case Study of Competence, *J. Chem. Educ.*, 1986, **63**, 530.
35. "The examples provide no indication of the false starts, dead ends, and illogical attempts that characterize problem solving in its early stages, nor do they reveal the substantial time and effort expended to construct a useful representation of a problem before the systematic solution shown in examples is possible.", J. D. Herron, Research in Chemical Education: Results and Directions, in M. Gardner, J. G. Greeno, F. Reif, A. H. Schoenfeld, A. Disessa, E. Stage, (Eds), *Toward a scientific practice of science education*, Erlbaum: Hillsdale, N. J., 1990, p. 35.
36. Rif. 17, p. 154.
37. G. Polya, *Come risolvere i problemi di matematica - Logica ed euristica nel metodo matematico*, Feltrinelli: Milano, 1976, p. 11-13.
38. F. Reif, J. H. Larkin, G. C. Brackett, Teaching general learning and problem-solving skills, *Amer. J. Phys.*, 1976, **44**, 212; A. D. Ashmore, M. J. Frazer, R. J. Casey, Problem Solving and Problem Solving Networks in Chemistry, *J. Chem. Educ.*, 1979, **56**, 377; A. H. Schoenfeld, Teaching problem-solving skills, *Amer. Math. Month.*, 1980, **87**, 794; C. T. C. W. Mettes, A. Pilot, H. J. Roossink, H. Kramers-Pals, Teaching and Learning Problem Solving in Science, *J. Chem. Educ.*, 1980, **57**, 882; D. Gil Pérez, J. M. Torregrosa A model for problem-solving in accordance with scientific methodology, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1983, **5**, 447; J. Genyea, Improving Students' Problem-Solving Skills - A Methodical Approach for a Preparatory Chemistry Course *J. Chem. Educ.*, 1983, **60**, 478; L. Cardellini, Il metodo ASV per risolvere i problemi chimici, *La Chimica nella Scuola*, 1984, **6**, 4; R. M. Garrett, Issues in science education: problem-solving, creativity and originality, *Int. J. Sci. Educ.*, 1987, **9**, 125; R. J. Sleet, A. G. Shannon, B. Irvine, A systematic approach to solving closed problems, *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.*, 1987, **18**, 705; J. Gendell, The Solution Is Not the Problem, *J. Chem. Educ.*, 1987, **64**, 523; H. Kramers-Pals, A. Pilot, Solving quantitative problems: guidelines for teaching derived from research, *Int. J. Sci. Educ.*, 1988, **10**, 511.
39. G. Bodner, A view from chemistry, in M. U. Smith, (Ed.), *Toward a Unified Theory of Problem Solving. Views From the Content Domains*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1991, p. 26.
40. D. N. Perkins, Thinking Frames: An Integrative Perspective on Teaching Cognitive Skills, in J. B. Baron, R. J. Stemberg, (Eds), *Teaching Thinking Skills: Theory and Practice*, W. H. Freeman and Co.: New York, 1987, p. 47-49.
41. J. D. Bransford, B. S. Stein, *The IDEAL problem solver*, W. H. Freeman and Co.: New York, 1984.
42. Rif. 18, p. 3.
43. J. D. Herron, *The Chemistry Classroom: formulas for Successful Thinking*, American Chemical Society: Washington, DC, 1996, p. 67.
44. J. D. Bransford, R. D. Sherwood, T. Sturdevant, Teaching Thinking and Problem Solving, in J. B. Baron, R. J. Stemberg, (Eds), *Teaching Thinking Skills: Theory and Practice*, W. H. Freeman and Co.: New York, 1987, p. 167.
45. A. Whimbey, J. Lochhead, *Problem Solving and Comprehension*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1991, p. 21-23.
46. T. Rickards, *Creativity and problem solving at work*, Gower: Aldershot, Hampshire, 1997, p. 118.
47. L. Cardellini, Improve your skill in problem solving: verify your result, *Australian Chemistry Resource Book*, 1997, **16**, 115-123.
48. I. Lakatos, La falsificazione e la metodologia dei programmi di ricerca scientifici, in I. Lakatos, A. Musgrave, (Eds), *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli: Milano 1993, p. 194.
49. R. E. Mayer, Human nonadversary problem solving, in K. J. Gilhooly, (Ed.), *Human and machine problem solving*, Plenum Press: New York, 1989, p. 45-53.
50. C. Ames, Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 1992, **84**, 261-271.
51. J. C. Turner, P. K. Thorpe, D. K. Meyer, Students' Reports of Motivation and Negative Affect: A Theoretical and Empirical Analysis, *Journal of Educational Psychology*, 1998, **90**, 758-771.
52. P. R. Pintrich, Multiple Goals, Multiple Pathways: The Role of Goal Orientation in Learning and Achievement, *Journal of Educational Psychology*, 2000, **92**, 544-555.
53. J. M. Harackiewicz, K. E. Barron, J. M. Tauer, A. J. Elliot, Predicting Success in College: A Longitudinal Study of Achievement Goals and Ability Measures as Predictors of Interest and Performance From Freshman Year Through Graduation, *Journal of Educational Psychology*, 2002, **94**, 562-575.
54. T. Hardy, V. Kirkwood, Towards creating effective learning environments for science teachers: the role of a science educator in the tertiary setting, *Int. J. Sci. Educ.*, 1994, **6**, 231-251.
55. H. Patrick, J. C. Turner, D. K. Meyer, C. Midgley, How Teachers Establish Psychological Environments During the First Days of Schools: Associations With Avoidance in Mathematics, *Teachers College Records*, 2003, **105**, 1521-1558.
56. L. Cardellini, Il metodo Hansel e Gretel, *La Chimica nella Scuola*, 1996, **18** (2), 58-59.
57. R. J. Anderson, Problem Solving and Learning, *Amer. Psychol.*, 1993, **48**, 35.
58. Rif. 18, p. 27.
59. J. D. Novak, D. B. Gowin, G. T. Johansen, The use of Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping with Junior High School Science Students, *Sci. Educ.*, 1983, **67**, 625-645; P. A. Okebukola, Can Good Concept Mappers be Good Problem Solvers in Science?, *Educational Psychology*, 1992, **12**, 113-129.

60. D. N. Perkins, R. Simmons, S. Tishman, Teaching cognitive and metacognitive strategies. *J. Struct. Learn.*, 1990, **10**, 285-303.
61. R. M. Felder, Active-Inductive-Cooperative Learning: An Instructional Model for Chemistry?, *J. Chem. Educ.*, 1996, **73**, 832; L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti, *La Chimica nella Scuola*, 1999 **21**, 18-25.
62. L. Cardellini, Alle radici del costruttivismo radicale. Una intervista a Ernst von Glasersfeld, *IS Informatica & Scuola*, 2004, **12** (3), 4-8.
63. L. Cardellini, Fattori di conversione e rapporti stechiometrici: strumenti logici per la risoluzione dei problemi, *La Chimica nella Scuola*, 1996, **18**, 148-151.
64. L. Cardellini, *Problemi chimici*, Ragni: Ancona, 1999, p. 214.
65. J. N. Butler, An Approach to Complex Equilibrium Problems, *J. Chem. Educ.*, 1961, **38**, 141-143.
66. L. Cardellini, Calculating [H<sup>+</sup>], *Education in Chemistry*, 1996, **33**, 161-164.
67. L. Cardellini, Iterations: A general method for solving ionic equilibrium calculations, *Australian Chemistry Resource Book*, 1996, **15**, 162-167.
68. L. Cardellini, A note on the use of the Henderson-Hasselbach equation; *Chemeda: Australian Journal of Chemical Education*, 1997, **47**, 6-10.
69. L. Cardellini, Ionic equilibrium calculations: A problem solving approach, *Chemical Education Research and Practice in Europe (CERAPIE)*, 2000, **1**, 151-160. Online at <http://www.uoi.gr/cerp/>.
70. L. Cardellini, A logical approach to ionic equilibrium calculations, *Journal of Science Education*, 2001, **2**, 84-86.
71. L. Cardellini, Come risolvere i problemi sugli equilibri ionici, *La Chimica nella Scuola*, 2001, **23**, 84-90.
72. Rif. 17, p. 90.
73. Adattato da: R. S. Nickerson, D. N. Perkins, E. E. Smith, *The teaching of thinking*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1985, p. 12-13; riportato come water and wine problem in: R. Case, Gearing the Demands of Instruction to the Developmental Capacities of the Learner, *Rev. Ed. Research*, 1975, **45**, 59-87.
74. R. S. Mansfield, T. V. Busse, E. J. Krepelka, The Effectiveness of Creativity Training, *Rev. Ed. Research*, 1978, **48**, 517-536.
75. D. W. Johnson, R. T. Johnson, Conflict in the Classroom: Controversy and Learning, *Rev. Ed. Research*, 1979, **49**, 51-70, p. 56.
76. E. de Bono, *Essere creativi. Come far nascere nuove idee con le tecniche del pensiero laterale*, Il sole 24 Ore Pirola SpA: Milano, 1996, p. 63-64.
77. "If experts think this work is creative. then it is", T. M. Amabile, Social psychology and creativity: A consensual assessment technique, *Journal of Personality and Social Psychology*, 1983, **43**, 997-1013, riportato in: M. W. Matlin, *Cognition*, 4th ed., Harcourt Brace & Co.: Orlando, FL, 1998, p. 376.
78. L. Cardellini, Calcoli stechiometrici, *La Chimica nella Scuola*, 2000, **22**, 20-21.
79. L. Cardellini, Gli studenti risolvono i problemi, *La Chimica nella Scuola*, 2000, **22**, 101-106.
80. L. Cardellini, Calcoli stechiometrici, *La Chimica nella Scuola*, 1996, **18** (4), 133-134.

# (IN)COMPETENZE DELLE MATRICOLE MA NON SOLO

**Mario Branca**

*Dipartimento di Chimica, via Vienna 2 - 07100 Sassari  
SSIS Sardegna- Sezione di Sassari - branca@uniss.it*

## **Riassunto**

*Allo scopo di verificare le competenze su alcuni semplici concetti di base di Chimica Generale è stato proposto alle matricole del corso di laurea in Chimica e in Biotecnologie un test con 22 quesiti a risposta chiusa. Lo stesso test è stato somministrato ai laureati che frequentano la Scuola di Specializzazione per l'Insegnamento nelle Secondarie (SSIS). I risultati mostrano la presenza di concezioni alternative che non sembrano venir rimosse completamente durante la frequenza al corso di laurea, almeno a giudicare dalle risposte fornite dai laureati in discipline scientifiche, iscritti alla SSIS.*

## **Introduzione**

Alcune ore del corso di "Didattica della Chimica", frequentato dai futuri docenti per la classe 59A e 60A della SSIS Sardegna sezione di Sassari, sono dedicate all'analisi delle Concezioni Alternative (CA) e della loro permanenza nella rete delle conoscenze dello studente<sup>1)</sup>. Per avere un riferimento ad una situazione reale si discutono i risultati di un test su semplici concetti di base di Chimica Generale che, per qualche anno, è stato proposto alle matricole di alcuni corsi di laurea della facoltà di Scienze dell'Università di Sassari.

In questo articolo si riportano i risultati del test presentato alle matricole del corso di laurea in Chimica e del corso di laurea in Biotecnologie, nell'anno accademico 2002-2003. Il test è stato proposto nei primi giorni di lezione, è anonimo e richiede soltanto l'indicazione del voto di diploma e del tipo di diploma. Il tempo a disposizione era di 30 minuti per 22 quesiti a risposta chiusa su semplici concetti di base di Chimica Generale.

Lo stesso test è stato somministrato anche agli specializzandi SSIS che frequentano il corso di "Didattica della Chimica" per verificare se alcune CA permangono anche dopo il conseguimento della Laurea in una disciplina scientifica (di norma Scienze Biologiche o Scienze Naturali).

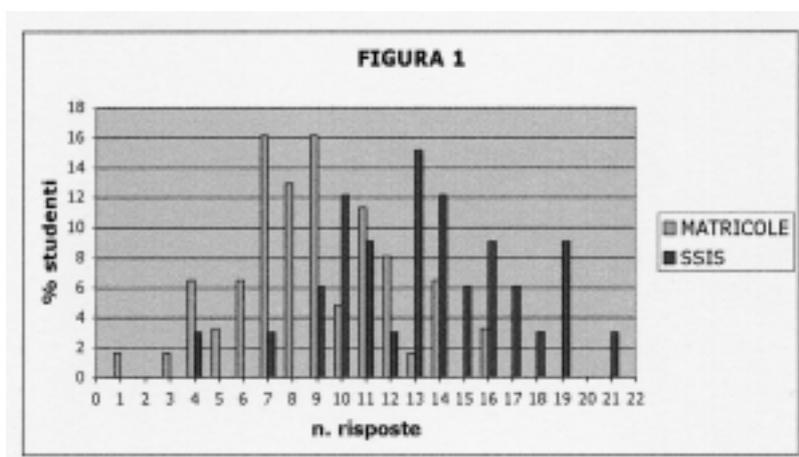
I quesiti utilizzati sono quelli proposti da D.R. Mulford e W.R. Robinson in un lavoro comparso su JCE nel 2002<sup>2)</sup>.

I quesiti non richiedono applicazioni numeriche o trasformazioni in formule, ma richiedono una comprensione concettuale sulle proprietà della materia, dei gas e del concetto di temperatura e calore. Il vantaggio nell'uso di un test già pubblicato è la possibilità di un arricchimento dal punto di vista didattico con il confronto tra i risultati dei nostri studenti e dei nostri laureati con quelli di alcune università Statunitensi.

In totale sono stati raccolti i dati che si riferiscono a 21 matricole di Chimica a 41 matricole di Biotecnologica e a 33 specializzandi SSIS dell'indirizzo Scienze Naturali. Gli specializzandi SSIS, 16 del I anno e 17 del II anno, sono laureati in Scienze Biologiche, Scienze Naturali, Chimica e Agraria. I risultati, considerando i numeri piccoli, non sono stati valutati con discriminanti statistiche, ma tuttavia forniscono interessanti spunti di riflessione e di discussione.

## **ANALISI DEL QUESTIONARIO**

Risultati generali



**168** La distribuzione del punteggio ottenuto dalle matricole e dagli specializzandi è mostrato in fig. 1. Nelle ordinate viene riportato, percentualmente, il numero degli studenti che risponde in modo corretto al numero di domande riportato nelle ascisse. Il valore medio del numero di risposte corrette per la SSIS è di 13.4 quesiti su 22 (SD 3.7),

il punteggio individuale varia da un minimo di 4 ad un massimo di 21 risposte esatte. L'80% dei risultati si trova nell'intervallo 9-17 ( $13 \pm 4$ ). Per le matricole il valore medio di risposte corrette è di 8,8 (SD 3.1), il punteggio individuale varia da un minimo di 1 ad un massimo di 16 e l'80% delle risposte si trova nell'intervallo 5-13 ( $9 \pm 4$ ).

Anche se gli specializzandi SSIS ottengono mediamente un punteggio superiore a quello ottenuto dalle matricole (13,4 vs 8,8), solo il 50% dei laureati risponde correttamente a più della metà dei 22 quesiti proposti!

Si ha la conferma che anche in un soggetto laureato, può permanere una visione sui meccanismi di funzionamento del mondo parzialmente errato.

### Risultati particolari

Vengono presentati i risultati che riteniamo più interessanti. Il commento non segue l'ordine di presentazione dei quesiti, ma raggruppa per settori gli argomenti trattati. Nelle figure sono indicate in percentuale le risposte esatte fornite dalle matricole (MATRICOLE) dagli specializzandi della SSIS (SSIS) e per confronto sono indicati i risultati ottenuti da Mulford (USA)<sup>2)</sup> su circa 900 studenti in ingresso all'Università.

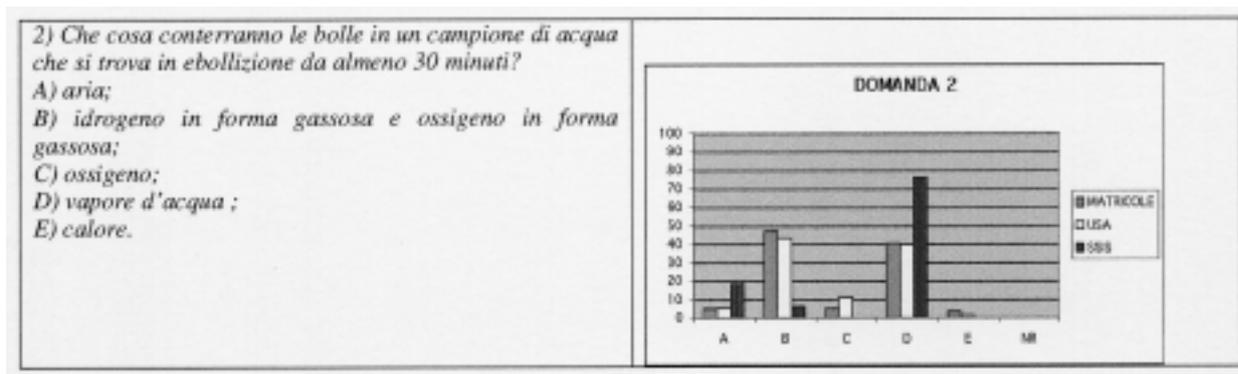
### PASSAGGI DI FASE

La problematica dell'evaporazione è stata abbondantemente studiata<sup>3)</sup>. Accettare il fatto che il contenuto delle bolle nell'acqua in ebollizione sia acqua che si trova allo stato gassoso presuppone che si consideri il gas una sostanza e che sia presente un modello particellare della materia<sup>4)</sup>.

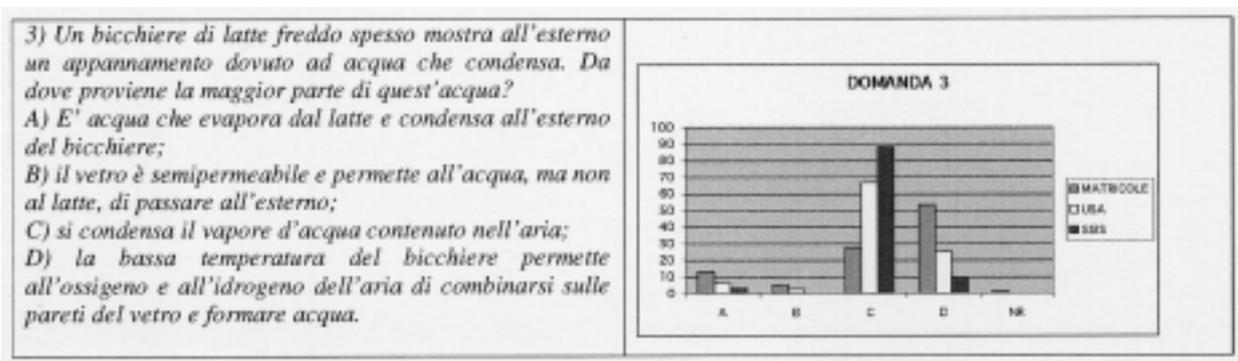
Il 40% delle matricole risponde correttamente, ma per il 47% vince l'idea di una decomposizione dell'acqua nei suoi costituenti. L'ossigeno e l'idrogeno poiché sono gas sembrano poter essere la sola cosa contenuta nelle bolle.

Non si riscontrano differenze rilevanti tra gli studenti americani e le nostre matricole.

Il 76% dei futuri docenti risponde correttamente, ma il 18% ritiene che il costituente delle bolle sia aria mentre il restante 6% ritiene, come le matricole, che l'acqua si decomponga nei suoi costituenti.



In maniera analoga è interpretato il fenomeno della condensazione del vapore acqueo su una parete fredda.



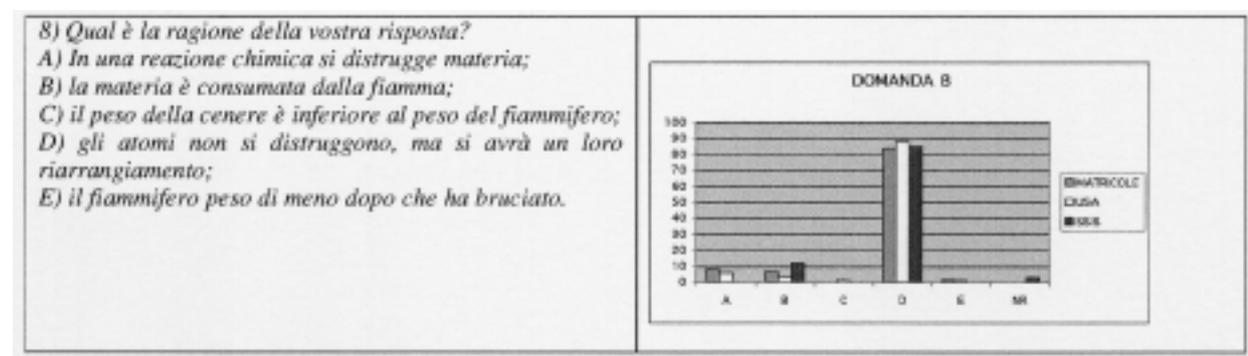
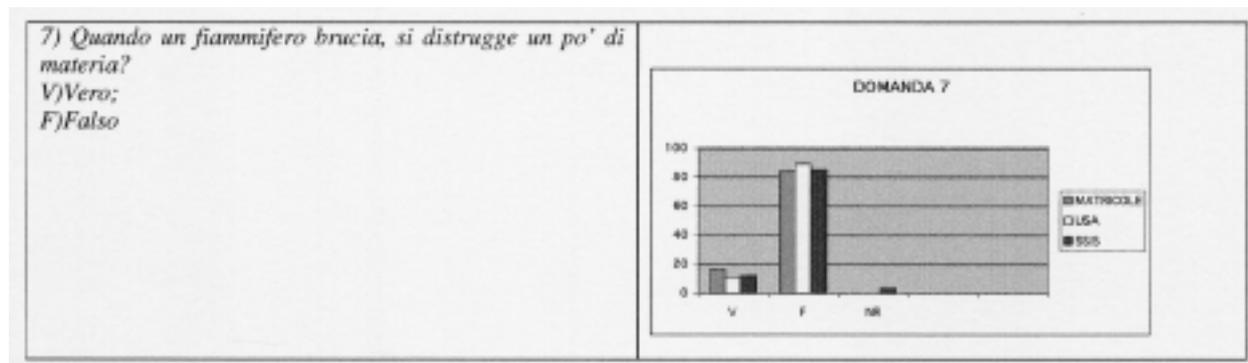
Per quanto riguarda la scuola secondaria, sembra quindi che per un numero non trascurabile di studenti, ancora non sia acquisita la differenza tra una reazione e un passaggio di stato. Questa confusione emerge con chiarezza in un contesto nel quale sia richiesta l'interpretazione di un fatto sperimentale, mentre è probabile che non verrebbe messa in evidenza in un ambito nel quale le domande fossero circoscritte a definizioni da ricordare.

### CONSERVAZIONE DELLA MASSA

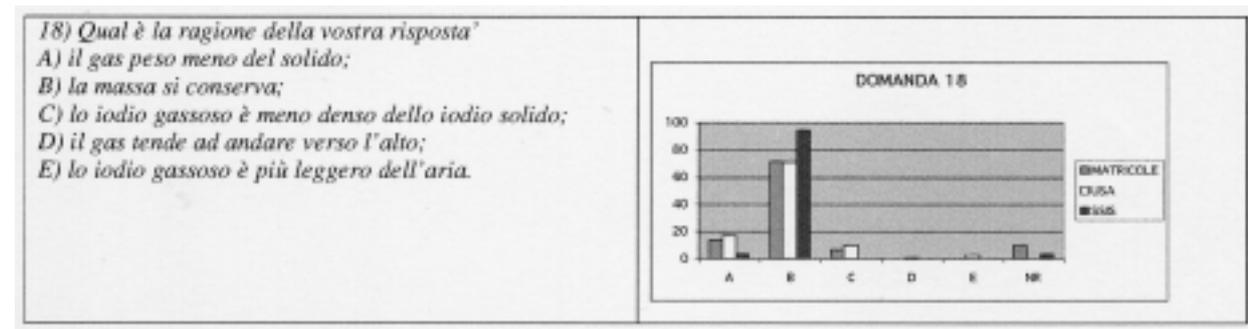
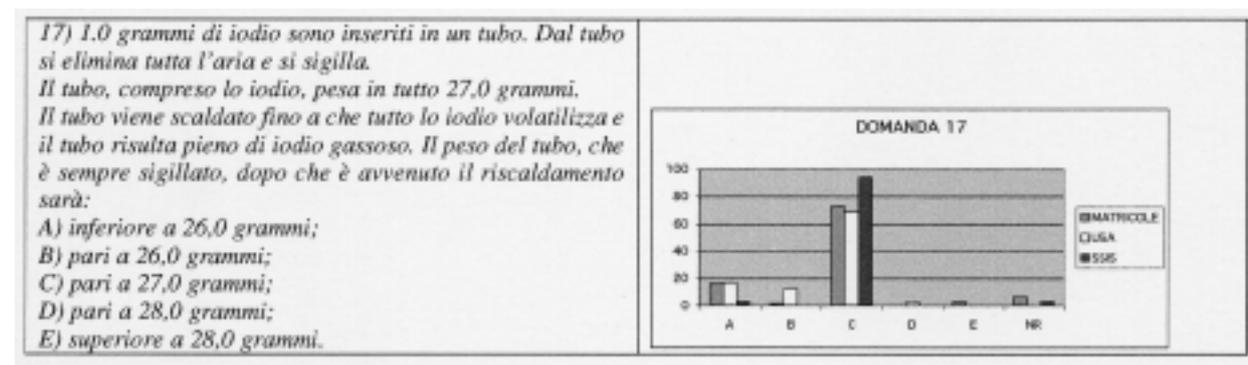
I quesiti sulla conservazione della massa nei processi chimici e chimico-fisici mostrano alcuni risultati imprevisti.

Rispondono e sbagliano in maniera identica per il 15% sia le matricole che gli insegnanti in formazione quando si chiede se si

distrugge materia mentre un fiammifero brucia ( domanda 7 e 8). Quando se ne chiede la motivazione ritengono che la fiamma distrugge materia o che in una reazione chimica diminuisca la quantità di materia. In letteratura viene riportata la CA che il peso di una candela che brucia diminuisce in quanto viene rilasciata energia nell'atmosfera<sup>5</sup>.

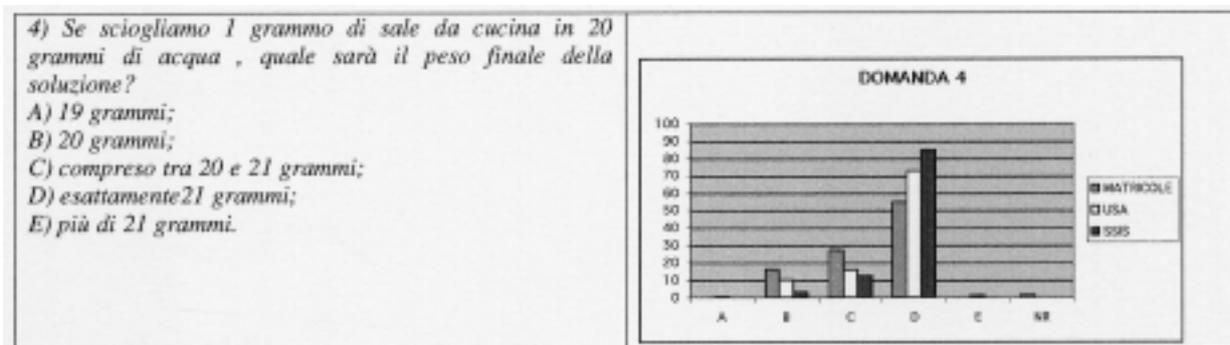


Il 94 % della SSIS e il 74% delle matricole rispondono correttamente alla domanda sulla conservazione della massa nel passaggio di fase solido vapore in un recipiente chiuso (17+18). Chi sbaglia pensa che il gas pesi meno del solido o collega il peso alla densità.



È più problematico il fenomeno della dissoluzione di un solido in un liquido.

Il 54% delle matricole ritiene correttamente che se si scioglie 1 grammo di sale in 20 grammi di acqua il peso finale sarà esattamente di 21 grammi (domanda 4). Il rimanente 46% ritiene che se una sostanza passa in soluzione perde anche una parte della sua massa e questo vale anche per un 15% di laureati.



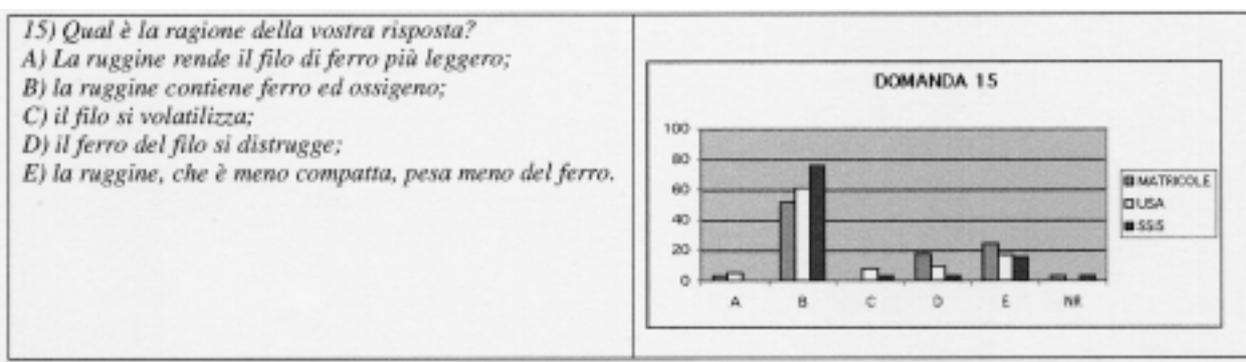
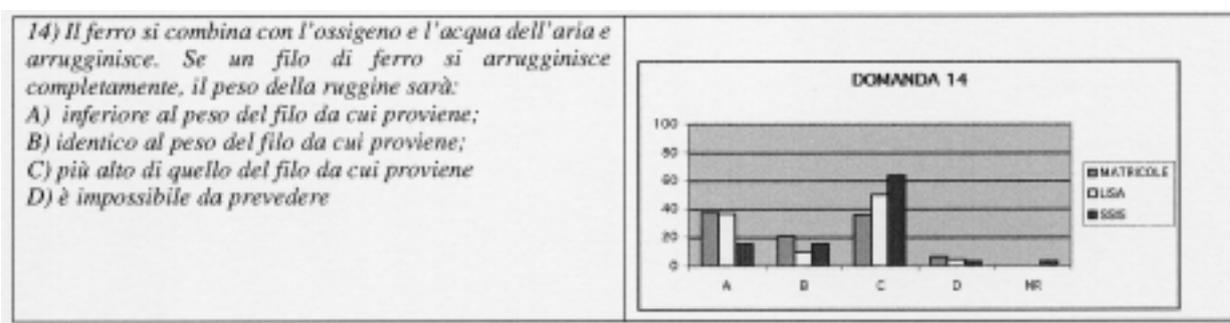
Solo il 35% delle matricole risponde che un filo di ferro che arrugginisce aumenta di peso. Tutti motivano la risposta con il fatto che la ruggine contiene ferro e ossigeno.

In un lavoro di P. Mirone e E. Roletto comparso su CnS<sup>6)</sup> nel 1999 vengono riportati le risposte su di un quesito analogo di alcune matricole di Chimica e Chimica Industriale dell'Università Modena e Torino. In questo caso le risposte corrette erano del 55,5% nettamente superiori a quelle ottenute dagli studenti di Sassari. Sarebbe interessante capire le ragioni delle differenti prestazioni.

Il 37% sbaglia e risponde che il peso finale sarà inferiore poiché la ruggine è meno compatta (20%) oppure il filo si distrugge (11%) o non sa motivare (6%). Il 21% risponde che il peso rimane identico perché la ruggine contiene ferro e ossigeno.

Il 64% della SSIS risponde che un filo di ferro che arrugginisce aumenta di peso, motivando correttamente.

Per quanto riguarda le risposte errate il 15% risponde che il peso rimane uguale in quanto la ruggine contiene ferro e ossigeno e un'altro 15% risponde che il peso sarà inferiore in quanto il ferro si distrugge o la ruggine è meno compatta del ferro.

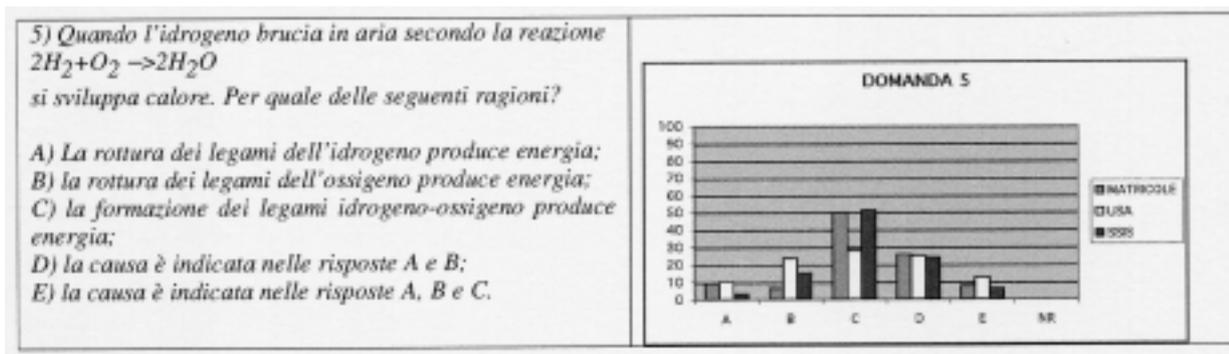


#### ENERGIA CONTENUTA NEL LEGAME

Non esiste differenza tra matricole e iscritti alla SSIS nella distribuzione delle risposte sul quesito riguardante l'energia coinvolta nella formazione o rottura dei legami chimici. Il 50% risponde correttamente mentre nel restante 50% permane l'idea che sia la rottura del legame a fornire energia.

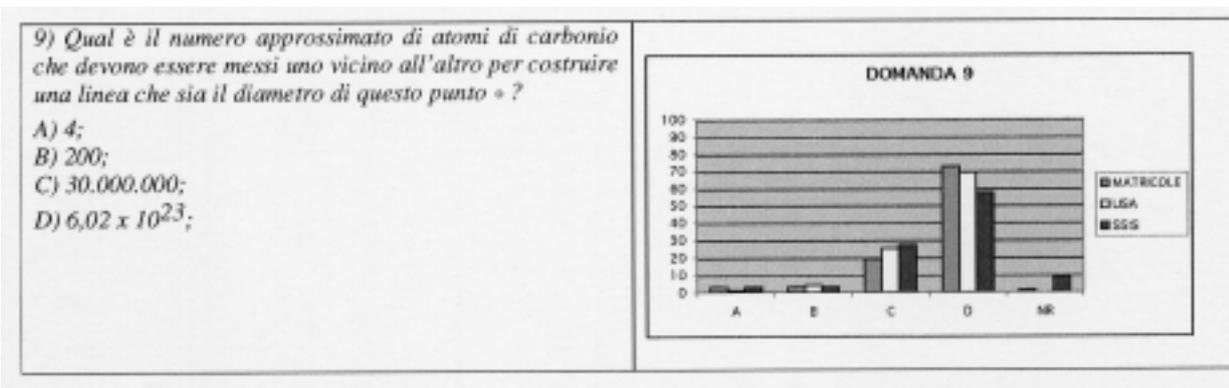
Mentre può essere accettabile che questa CA sia presente nelle matricole diventa problematica la permanenza anche dopo

la laurea in un docente in formazione. Costoro presumibilmente ritengono che anche in un'esplosione o nei processi metabolici di trasformazione di ATP in ADP sia la rottura del legame a fornire energia<sup>7)</sup>.

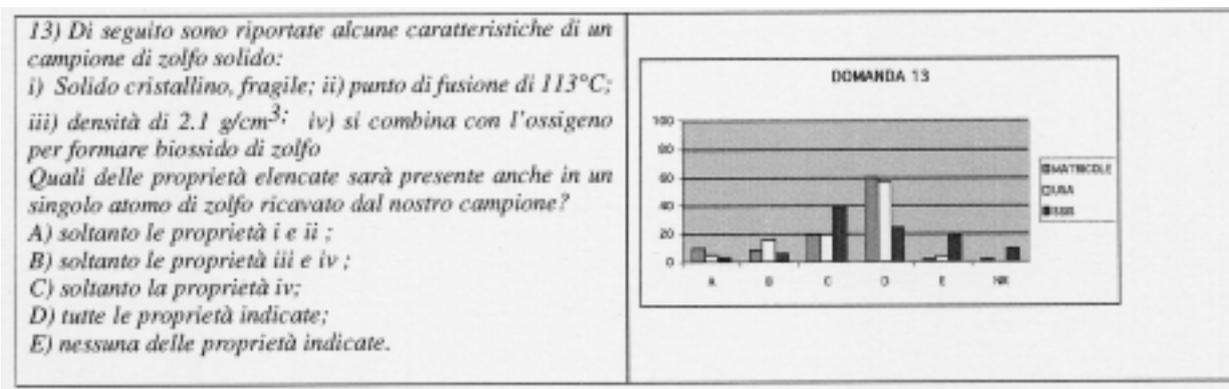


### DIMENSIONI E PROPRIETÀ MICROSCOPICHE

I risultati di due domande sull'aspetto microscopico della materia mostrano grande similitudine tra le risposte delle matricole e della SSIS. Solo il 27% della SSIS e il 19% delle matricole è capace di operare correttamente con fattori di scala. La maggior parte degli intervistati ritiene che per tracciare una segno lungo circa 1 mm sia necessaria una mole di carbonio, senza riflettere sul fatto che ciò corrisponderebbe a 12 g di carbonio!!

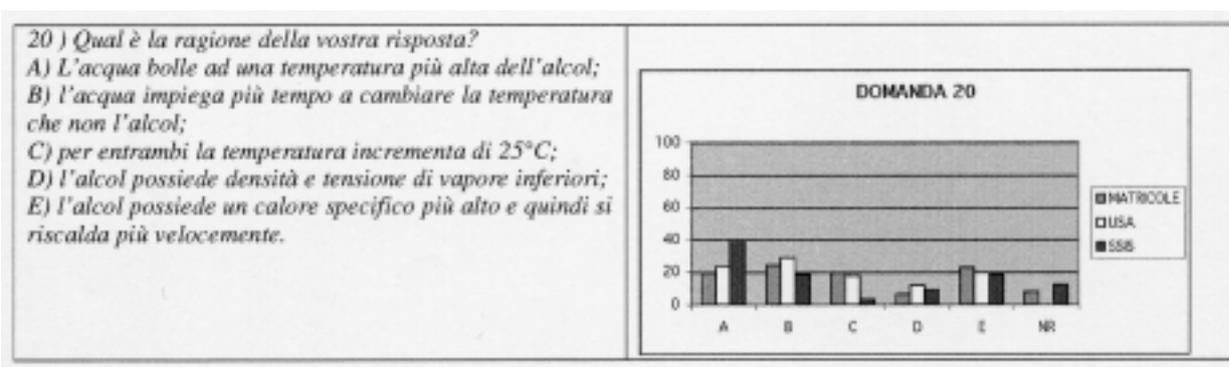
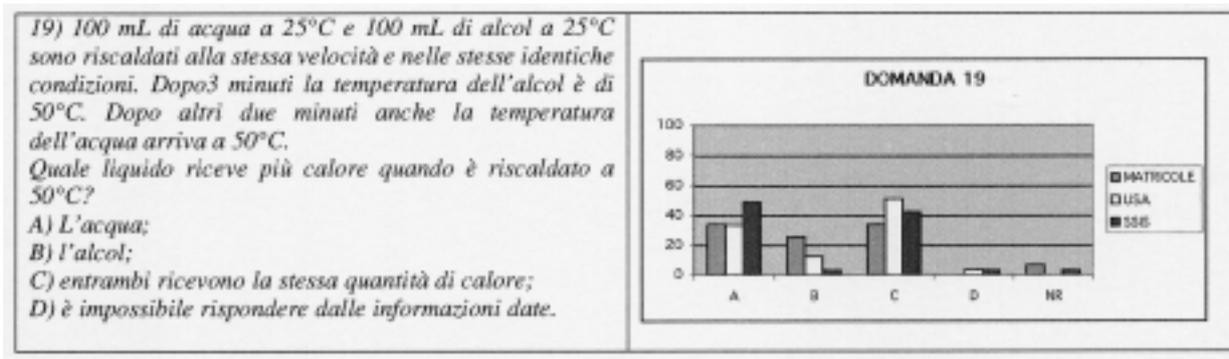


Solo il 40% della SSIS e il 19% delle matricole discerne correttamente le proprietà caratteristiche di un singolo atomo da quella di una più ampia collezione di atomi. Durante la lezione si è ampiamente discusso sul numero minimo di atomi necessario per poter misurare un punto di fusione o una densità.



### CALORE E TEMPERATURA <sup>8)</sup>

Il 42% della SSIS e il 34% delle matricole confondono temperatura con calore, e pensano che quando 100 grammi di acqua e 100 grammi di alcol variano la temperatura da 25°C a 50°C ricevono la stessa quantità di calore. Il 48% degli iscritti alla SSIS risponde alla domanda correttamente, ma a questa risposta corretta è associata per gran parte una motivazione errata. Solo il 9% degli iscritti alla SSIS risponde alla domanda con una motivazione corretta. Si comportano meglio le matricole che forniscono una motivazione corretta per il 14%.



## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il test ha offerto la possibilità di una discussione con i futuri docenti sia sulla rete delle conoscenze degli studenti in uscita da una scuola secondaria, sia sulla loro stessa preparazione. I futuri docenti si sono resi conto che esistono veramente teorie intuitive e credenze intorno ai fenomeni naturali, non consistenti con le idee della comunità scientifica (Concezioni Alternative) variabili da individuo ad individuo, utilizzate per costruire una teoria "fisica" adatta a giustificare il funzionamento del mondo. Nessuno di noi, mi è stato detto a lezione, avrebbe potuto pensare che "un procedimento banale come sciogliere una certa quantità di sale in una certa quantità di acqua possa comportare per un ragazzo adulto di 18 anni, ritenuto maturo all'esame di stato, e per qualche collega della SSIS, una perdita di peso".

Un secondo punto messo in evidenza è la similitudine tra le risposte dei ragazzi di Sassari (ottenute da noi) con quelle dei ragazzi degli USA riportate nel lavoro di Mulford<sup>2)</sup>. Le CA messe in evidenza nel test sono presenti circa con la stessa frequenza sia in Italia che negli USA. Sembra che le CA siano indipendenti dall'organizzazione e dalla programmazione didattica. Nei due paesi sono presenti sistemi scolastici differenti con programmi didattici differenti entrambi incapaci di rimuovere le stesse concezioni alternative che parrebbe provengano da una sorta di Chimica Ingenua naturalmente presente. Sarebbe di grande interesse e utilità per la didattica capire se le CA individuate sono presenti in tutti gli allievi del mondo occidentale e se siano presenti anche negli allievi delle scuole giapponesi, cinesi o indiane.

I risultati dei futuri docenti SSIS mostrano che le CA possono passare indenni non solo attraverso gli studi della scuola secondaria ma permanere durante percorsi universitari in discipline scientifiche. Dall'analisi delle risposte ottenute appare che una laurea in una disciplina scientifica sicuramente modifica le competenze per quanto riguarda p.e. i quesiti sulla conservazione della quantità di massa. La SSIS ottiene un risultato migliore delle matricole, ma non si raggiunge la totalità delle risposte corrette e ancora il 15% dei laureati associa alla dissoluzione di un sale una perdita di peso.

Il fatto che il 24% dei futuri docenti non sappia esattamente cosa contengano le bolle dell'acqua in ebollizione evidentemente pone seri dubbi sul fatto che costoro possano, nell'esercizio della loro funzione docente, commentare correttamente un qualunque diagramma di stato. Risultati drammatici, con piccole diversità tra matricole e laureati, si ottengono quando si fa riferimento al comportamento microscopico delle sostanze, le proprietà del singolo atomo di zolfo sono quelle di un campione macroscopico, la dimensione dell'atomo viene completamente travisata e ancora se si rompe un legame stabile si libera energia, si confonde la temperatura con il calore.

La relativamente modesta differenza riscontrata tra studenti e laureati mette in evidenza come una preparazione universitaria tradizionale, adeguata sul piano della formazione professionale di futuri operatori nei diversi campi disciplinari, non sia utile alla formazione di futuri insegnanti di scienze. La comprensione dei concetti di base delle discipline scientifiche difficilmente potrà essere scelta come obiettivo da un insegnante della scuola secondaria che abbia incertezze così vistose su fenomeni, concetti e principi fondamentali. Un tale insegnante, inevitabilmente, si dovrà limitare a trasmettere informazioni e nozioni, anche se riferite a un contesto scientifico avanzato e sofisticato, inaccessibile ai suoi studenti, piuttosto che aiutarli a ragionare sulle cose osservate e sulle quali è possibile allestire esperimenti. D'altra parte l'esperienza maturata in questi anni di formazione iniziale degli insegnanti ha mostrato senza equivoci come uno degli ostacoli che devono essere

superati riguarda proprio la carenza nelle competenze disciplinari di base.

In conclusione il test, quindi, è stato capace di mettere in evidenza nei futuri docenti SSIS carenze disciplinari altrimenti nascoste, che presumibilmente non sarebbero mai emerse in modo così esplicito. Nella formazione di un docente è importante che sia presente la consapevolezza che quando giudicherà un allievo il giudizio sarà influenzato dalle conoscenze personali e che sia proprio la permanenza di CA nei docenti a dare origine alle misconcezioni degli allievi.

### **Bibliografia**

- 1) Keith Taber "Chemical Misconceptions-prevention, diagnosis and cure" Edito da Colin Osborne e Maria Pack, Royal Society of Chemistry 2002
- 2) Douglas R. Mulford, William R. Robinson "An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students" *J. Chem. Educ.* (2002), *79*, 739-744
- 3) Vanessa Barker "Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas" A report prepared for the Royal Society of Chemistry, London: Education Division, Royal Society of Chemistry, 2000  
<http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon.htm>
- 4) Dorothy L. Gabel, K.V. Samuel and D. Hunn "Understanding the Particulate Nature of Matter" *J. Chem. Educ.* (1987), *64*, 685-697
- 5) Ching-Yang Chou "Science Teachers' Understanding of Concepts in Chemistry" *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D)* (2002), *12*, 73-78
- 6) Paolo Mirone, Ezio Roletto "Sostanze, Miscela, Reazioni: Un'indagine sulle Concezioni delle Matricole di Chimica" *CnS-La Chimica nella Scuola* (1999), *XXI*, 116-121
- 7) William C. Galley "Exothermic Bond Breaking: A persistent Misconception" *J. Chem. Educ.* (2004), *81*, 523-525
- 8) Paul G. Jasien and Graham E. Oberem "Understanding of Elementary Concepts in Heat and Temperature among College Students and K-12 Teachers" *J. Chem. Educ.* (2002), *79*, 889-895

# IL LABORATORIO DI DIDATTICA NEL CORSO INTEGRATO DI DIDATTICA DELLA CHIMICA SSIS UNIVERSITÀ DI CAGLIARI

**Maria Vittoria Massidda**

I.T.A.S. "G. Deledda" Cagliari

*vmassidda@tiscalinet.it*

## IL CORSO DI DIDATTICA DELLA CHIMICA

Nella Scuola di Specializzazione per la Formazione degli Insegnanti della Scuola Secondaria dell'Università di Cagliari il corso integrato di Didattica della Chimica è rivolto agli specializzandi del primo anno che aspirano a conseguire l'abilitazione nelle classi di concorso A059 - Scienze Matematiche, Chimiche, Fisiche e Naturali per la scuola secondaria di 1° grado - e A060 - Scienze Naturali, Chimica, Geografia e Microbiologia per la Scuola secondaria superiore.

È un corso del secondo semestre del primo anno, di 60 ore, di cui 15 ore di Laboratorio di Didattica, affidato a Sergio Torrazza, docente di chimica nell'Università, e M. Vittoria Massidda, docente a contratto, insegnante di chimica nella Scuola Secondaria Superiore. Nei primi anni della SSIS sono state attivate anche le classi A013 e A057.

La progettazione del corso si basa sul presupposto che la formazione iniziale dei docenti presso le Università non possa prescindere dalla collaborazione fra università e scuola secondaria. Sono necessarie le esperienze e le competenze che derivano dalla pratica didattica, dalle relazioni e dall'esperienza di ricerca.

Le lezioni di Didattica e il relativo Laboratorio Didattico sono strettamente connessi, si integrano per attuare un progetto didattico che, annualmente, viene rivisto in funzione dei bisogni degli studenti della SSIS. Dal momento che in alcuni casi non è possibile una distinzione netta fra Didattica e Laboratorio di didattica, alcune tematiche di didattica della Chimica verranno riprese nel paragrafo dedicato al Laboratorio di didattica.

## IL DECALOGO PROBLEMatico DELL'INSEGNANTE DI CHIMICA

Le due classi di concorso A059 e A060, rivolte a due ordini di scuola differenti, prevedono differenti metodologie di insegnamento e un diverso ruolo delle discipline scientifiche e della chimica in particolare. Ma la stessa considerazione è valida per le classi A013 e A057 e per i diversi indirizzi di studio della scuola superiore. Perciò un corso di didattica della chimica rivolto contemporaneamente a futuri abilitati di diverse classi di concorso deve porsi come finalità principale lo sviluppo di una professionalità docente attenta ai bisogni formativi degli allievi di diverse età e identità culturali, disponibile a continuare ad approfondire e sviluppare le proprie competenze e ad inserirsi nei diversi contesti educativi con mentalità aperta e critica.

Le tematiche che vengono affrontate nel corso sono state individuate come possibili risposte ad una elencazione esplicita di questioni che abbiamo definito "Il decalogo problematico dell'insegnante di chimica" e che corrispondono alle riflessioni critiche che ogni insegnante di chimica o di scienze sperimentali prima o poi arriva a formulare durante la sua carriera.

1. Come si costruiscono le conoscenze scientifiche ?
2. Cosa rappresentano le conoscenze scientifiche ?
3. Come insegnare le discipline scientifiche ?
4. Cosa è la chimica ?
5. Quali sono i "nuclei fondanti" della chimica?
6. Quali obiettivi associare all'insegnamento della chimica?
7. Quali difficoltà pone lo studio della chimica ?
8. Quale chimica "far studiare" ?
9. Quali strategie e quali strumenti didattici utilizzare ?
10. Come verificare l'apprendimento e gestire il sostegno?

Le domande elencate sono definite *problematiche* per sottolineare la loro funzione di stimolo per la ricerca continua di risposte che per loro natura sono aperte. Nel discorso introduttivo le riflessioni sulle conoscenze scientifiche sollecitano quelle sulla chimica, man mano che le problematiche generali si caratterizzano nei dettagli emerge con prepotenza la necessità di inserire la chimica fra i tasselli dell'insegnamento delle discipline scientifiche, di caratterizzarla attraverso i suoi oggetti di studio, i suoi metodi, i suoi aspetti culturali.

Durante la prima lezione di presentazione del corso si sentono vive e forti le aspettative degli specializzandi che, nel secondo semestre del primo anno, stanno appena iniziando a seguire i corsi di Didattica disciplinare. Sono per lo più laureati in Scienze Naturali e Scienze Biologiche, qualcuno è laureato in Scienze geologiche, sono rari i laureati in Chimica e Tecnologie Farmaceutiche, Chimica o Farmacia; in questo anno accademico 2004/05 le ultime tre Lauree non figurano fra i titoli di studio dei corsisti. La chimica, per la maggior parte di loro, è stata una disciplina di servizio, ha il volto e le caratteristiche dei docenti che hanno tenuto i corsi nel loro percorso di studi nella scuola secondaria e nell'Università, le loro conoscenze sono talvolta fragili e astratte.

Il decalogo problematico serve per chiarire sin dall'inizio che ci occupiamo di Didattica della Chimica e che i contenuti della Chimica affioreranno solo in quanto parte del processo di insegnamento/apprendimento. Prefiguriamo un percorso in cui la Chimica intervenga con la sua ricchezza di contributi epistemologici, storici, scientifici, culturali tramite la professionalità dell'insegnante.

Viene quindi presentato il programma che costituisce la base per la programmazione delle lezioni. (Vedi allegato 1)

Non esiste una rigida suddivisione delle tematiche, tranne che per gli aspetti storico-epistemologici che vengono curati da Sergio Torrazza e per il Laboratorio di didattica che viene curato dalla sottoscritta. Inoltre il ruolo dell'informatica è curato da Giuseppe Saba, docente universitario, e, ancora, le lezioni sullo sviluppo dell'industria chimica in Sardegna e sulla chimica dei beni culturali sono tenute, su invito, da docenti universitari.

## IL LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA CHIMICA

Le attività di laboratorio di didattica sono fondate sull'idea che:

"Il Laboratorio è il luogo centrale della formazione; questo non solo in quanto esso consente di costruire *competenze operative*, né solo perché fornisce indirettamente *modelli di conduzione delle attività didattiche* alternativi alla tradizionale "lezione". Ma soprattutto in quanto il Laboratorio è il luogo dove le conoscenze psicologiche, pedagogiche, epistemologiche e disciplinari vengono integrate ed orientate alla costruzione di un "sapere" didattico (insieme "teorico" e "pratico") che assume connotati specifici in relazione alla peculiarità dei materiali, degli strumenti e delle procedure proposte."<sup>1</sup>

Nel laboratorio di didattica della chimica cerchiamo di creare situazioni adatte alla costruzione di *competenze operative* utili nella professione docente. Non vogliamo proporre *modelli di conduzione delle attività didattiche* (anche se, aldilà delle intenzioni, forse succede) ma privilegiare un'impostazione problematica che porti alla ricerca di risposte individuali alle diverse attività proposte ed al successivo confronto nel gruppo di lavoro. Vogliamo così sviluppare l'abitudine ad assumere decisioni, un compito cui è chiamato ogni insegnante quotidianamente ma soprattutto nella gestione delle "emergenze" didattiche e relazionali.

Le attività di Laboratorio di didattica della Chimica si realizzano attraverso sei tematiche principali, ciascuna delle quali viene introdotta da una lezione di presentazione dell'argomento in cui vengono evidenziati i punti critici, vengono forniti i documenti su cui lavorare, vengono suggeriti alcuni spunti di analisi, vengono proposti strumenti operativi di lavoro e si organizzano i lavori di gruppo invitando gli specializzandi a formare gruppi di 4-5 persone e dando loro le consegne e i tempi.

### Le tematiche

1. Analisi critica dei programmi ministeriali (4 ore)
2. Analisi critica dei libri di testo (4 ore)
3. Il ruolo del laboratorio e l'attività sperimentale (8 ore)
4. Elaborazione di un curriculum di chimica e il controllo dell'apprendimento (8-10 ore)
5. Le nuove tecnologie nell'insegnamento della chimica (4 ore)
6. La chimica nella vita quotidiana. (2 ore)

Consideriamo attività di laboratorio tutte le attività in cui il corsista svolge un ruolo attivo: il dibattito che si apre durante le lezioni di didattica, l'invito alla riflessione epistemologico-didattica disciplinare, la raccolta individuale di materiale utile nei lavori di gruppo, la lettura e il commento di testi tratti da riviste cartacee e on-line specializzate nella ricerca didattica, il riferimento alle attività di tirocinio, la contestualizzazione delle proposte nelle diverse realtà scolastiche, i momenti dedicati alla comunicazione tra i gruppi.

## I LAVORI DI GRUPPO

### 1. Analisi critica dei programmi ministeriali

Ogni specializzando riceve le copie di alcuni programmi ministeriali: Chimica, Geografia e Scienze Naturali dei Licei Classico e Scientifico, Scienze della materia del corso IGEA degli istituti Tecnici Commerciali, Laboratorio di fisica e Chimica del biennio "Brocca", Chimica per il triennio del progetto "Brocca", Chimica e Laboratorio per il biennio dei Tecnici Industriali, Scienze Chimiche, Fisiche e Naturali per la scuola media, le Indicazioni Nazionali per la Scuola Secondaria di primo grado e il profilo in uscita dello studente secondo la Legge di Riforma n°53/2003. Sulla base degli spunti forniti nella lezione introduttiva vengono date le indicazioni per i lavori di gruppo che inizieranno nella lezione successiva. Nel tempo a disposizione ogni gruppo può seguire una o due delle seguenti indicazioni, previo accordo fra i gruppi stessi affinché tutti gli aspetti proposti più altri eventualmente suggeriti dagli studenti, siano esaminati da almeno un gruppo. Riporto un esempio fra le indicazioni di lavoro suggerite:

- Confrontare i quadri orari del triennio "Brocca" e del Liceo Classico e valutare quantitativamente e didatticamente il peso orario delle materie scientifiche;
- Individuare le parti di cui si compone il programma di chimica e discuterne l'utilità per la programmazione da parte dell'insegnante;
- Individuare, se presenti, le correlazioni tra gli obiettivi e i contenuti proposti, esprimere un parere;
- Esprimere un parere sulla presenza o meno delle indicazioni metodologiche dei programmi e commentarle;
- Indicare quale funzione svolge, secondo questi programmi, l'attività sperimentale nel processo di apprendimento della chimica, commentare e confrontare con la situazione reale;

- Analizzare quali modalità di verifica vengono suggerite dai programmi stessi e, se presenti, confrontare con le pratiche osservate durante il tirocinio.

Infine ogni gruppo deve preparare una sintesi della discussione fatta e, scelto un relatore, presentarla ai colleghi del corso. All'inizio della lezione successiva i relatori designati dai gruppi espongono ai colleghi le loro osservazioni e rispondono alle domande; la discussione è viva, emergono vari pareri sulla utilità di conoscere e analizzare criticamente i programmi, su come vengono – o non vengono – utilizzati i programmi ministeriali nelle scuole, sulla concezione di scuola che emerge dalla lettura attenta di un programma.

## 2. Analisi critica dei libri di testo

Nella fase di programmazione del corso i due docenti decidono quale sarà il tema comune a tutti gli specializzandi su cui si baserà l'analisi comparata di due libri di testo. I temi proposti in questi anni sono stati: dal macroscopico al microscopico, acidi e basi, l'energia e le reazioni, l'equilibrio chimico, la periodicità, la chimica del quotidiano. Durante le lezioni introduttive vengono affrontati argomenti quali il nodo del linguaggio, la leggibilità di un testo, le caratteristiche implicite di un testo, il libro di testo quale mezzo didattico ed il suo uso critico, viene infine fornita una scheda operativa per l'analisi dell'unità o modulo del manuale tratta dalla letteratura<sup>2</sup>.

Ad ogni gruppo vengono assegnati, una o due settimane prima del lavoro di gruppo, due libri di testo abbinati in base alla diversa impostazione didattica; ogni corsista riceve le fotocopie dell'unità o modulo tratte dal libro esaminato e può consultare direttamente i due manuali nella loro interezza.

I manuali esaminati rientrano nel seguente elenco di libri di chimica della scuola secondaria superiore: V. Amendola, G. Rizzelli – Chimica per concetti – ETAS Libri; F. Bagatti, E. Corradi, A. Desco, C. Ropa - Chimica – Zanichelli; C. Balestrieri, F. Cardamone – Chimica- Ferraro; A. Bargellini - Chimica in azione – Signorelli; M. Bosia – Chimica – Paravia; P. Cracolice – Il mondo della natura, il punto di vista della chimica – B. Mondadori; F. Olmi, T. Pera - Chimicamente - Mc Graw Hill; S. Passannanti, C. Sbriziolo – Il nuovo: Alla scoperta della chimica – Tramontana; C. Pignocchino Feyles - Percorsi di Chimica – SEI; P. Pistara' – Moduli di Chimica– ATLAS; F. Randazzo - Chimica saperi e competenze – Petrini; Post Baracchi, Tagliabue - Chimica – Lattes; S. Smoot, J.S. Price, R.G.Smith; D. Cacciatore – Corso di chimica moderna – Le Monnier; F. Totola, A. Allegrezza, M. Righetti - Chimica per Moduli - Minerva Italica; G. Valitutti, A. Tifi, A. Gentile – Le idee della chimica – Zanichelli.

Ogni gruppo lavora intensamente e, talvolta, prosegue anche fuori orario il lavoro di compilazione ragionata della scheda che verrà illustrata a tutti i colleghi del corso nel momento dedicato alle comunicazioni fra i gruppi. Il risultato è un elaborato di gruppo che costituirà il punto di partenza per l'elaborato personale che ogni specializzando preparerà per la valutazione finale del corso.

## 3. Il ruolo del laboratorio e l'attività sperimentale

La SSIS di Cagliari utilizza per le sue lezioni i locali di un Istituto Tecnico Industriale che mette a disposizione anche il Laboratorio di chimica del biennio e offre l'aiuto del collaboratore tecnico. È perciò possibile progettare e realizzare attività sperimentali in un laboratorio ampio, idoneo per l'uso ma non ricco di attrezzature e reagenti, in questo caso ciò è un aspetto positivo dal momento che ci permette di lavorare bene senza dare l'impressione di un laboratorio "impossibile da trovarsi nei Licei" come può capitare a insegnanti della A060.

Anche questa attività viene introdotta da una lezione di presentazione che sottolinea il ruolo delle esperienze e degli esperimenti nella chimica e nella didattica della chimica, la valutazione delle attività pratiche, il rapporto con la teoria, le diverse funzioni del laboratorio chimico o scientifico e il problema della sicurezza. Inoltre si richiamano le lezioni introduttive del corso relative al metodo scientifico, al ruolo dell'osservazione, al ruolo dei modelli e la loro utilizzazione didattica.

Viene preparato un programma delle attività sperimentali che verranno poi realizzate nel laboratorio raggruppate per tematica con attenzione alla correlazione tra gli aspetti teorici e gli aspetti sperimentali.

Si riportano tre esempi di tematiche trattate in anni diversi:

### ***“Dai materiali alle sostanze” “Elementi e composti”***

Si pone l'attenzione sulla **composizione dei corpi** e sulle tecniche di separazione delle sostanze presenti in un materiale per arrivare a **definire** in maniera operativa il concetto di **sostanza pura** tramite esperienze di:

- purificazione del sale commerciale per dissoluzione in acqua, filtrazione delle parti insolubili e cristallizzazione per evaporazione del solvente realizzata riscaldando la soluzione residua in capsula di porcellana.
- distillazione di un campione di inchiostro. Disponendo dell'attrezzatura adatta si esegue anche la distillazione di un campione di vino.
- separazione per cromatografia su carta dei componenti dell'inchiostro e dei pigmenti fogliari.

Il concetto di **trasformazione chimica** consente di **classificare le sostanze in semplici e composte** e vedere come possono essere ottenute le une dalle altre con reazioni di analisi e di sintesi.

La determinazione sperimentale del **rapporto definito e costante** tra le masse di due elementi che si combinano tra loro per formare un composto (legge di **Proust**) viene utilizzato anche per distinguere il concetto di composto da quello di miscela. Si realizza a questo scopo l'elettrolisi dell'acqua quale esempio di decomposizione di una sostanza realizzata per mezzo della corrente elettrica, senza nessuna anticipazione teorica riguardo all'elettrochimica.

Il rapporto tra i volumi e tra le masse dei gas prodotti durante l'elettrolisi dell'acqua può essere utilizzato in seguito per dare un significato sperimentale ai coefficienti stechiometrici nelle equazioni bilanciate.

<sup>2</sup> L. Benedetti, L. Brancaleoni, R. Cervellati, P. Mirone, Analisi di 25 Testi di Chimica ampiamente diffusi nelle Scuole superiori, Progetto Strategico CNR 1989

### **“Modelli chimici e proprietà delle sostanze”**

Le esperienze sulla polarità dei liquidi, sulla miscibilità e sulla solubilità di solidi e gas in liquidi diversi, sulla conducibilità elettrica offrono spunti per **correlare le proprietà delle sostanze** che emergono dalle attività sperimentali **alla struttura molecolare**.

Le **proprietà delle sostanze** possono essere interpretate mediante la conoscenza di aspetti strutturali della materia: i **legami** che tengono uniti gli atomi nelle molecole o gli ioni e la disposizione geometrica degli atomi nella molecola, cioè la **geometria molecolare**.

Dai tipi di interazioni possibili tra le molecole (legami intermolecolari) dipendono, proprietà delle sostanze come la volatilità, la solubilità, la densità e anche certi aspetti della reattività.

Legami tra ioni e tra atomi nelle specie chimiche, geometria molecolare e legami intermolecolari **rappresentano la spiegazione in termini strutturali delle proprietà delle sostanze** o, viceversa, consentono di fare previsioni sul loro comportamento sia fisico che chimico.

Prove sperimentali:

- Determinare la polarità di un liquido (due burette riempite rispettivamente con acqua ed esano).
- Prove di miscibilità tra i liquidi dell'esperienza precedente.
- Prove di solubilità nei liquidi esaminati di sostanze quali zucchero, sale da cucina, naftalina, iodio.
- Conducibilità elettrica di liquidi puri (esano, etanolo, acqua distillata), di soluzioni di solidi in acqua (acqua di rubinetto, ioduro di potassio in acqua distillata, idrossido di sodio in acqua distillata, nitrito di sodio in acqua distillata), o in altri liquidi (naftalene in etanolo, iodio in esano), di gas in acqua (ammoniaca, HCl).

Alcuni esperimenti vengono progettati con la docente del Laboratorio di Didattica della Biologia:

- Estrazione e separazione dei pigmenti contenuti nelle foglie verdi di spinaci.
- Osmosi nella patata
- Potere emulsionante della bile di bovino o di pollo
- Decomposizione dell' $H_2O_2$  catalizzata da  $MnO_2$  e dall'enzima catalasi contenuta nel fegato e nella patata.

Vengono anche preparate alcune reazioni “magiche” che, in uno spettacolo improvvisato, vengono utilizzate in maniera divertente per scherzare fra gli specializzandi dei diversi gruppi: Il manifesto di benvenuto, la banconota che brucia, il pendolo chimico, cambiamento di colore a comando ...ecc

Come utilizzare il laboratorio di chimica? Si può realizzare un laboratorio con materiale povero? Si possono eseguire esperimenti in classe? Quali esperimenti sono più indicati per il biennio e quali per il triennio? Quale laboratorio nella scuola secondaria di primo grado? Quali obiettivi si possono acquisire con il laboratorio? Il laboratorio virtuale può sostituire la pratica di laboratorio? Il laboratorio dimostrativo è completamente inutile? Come guidare gli allievi nella progettazione degli esperimenti?

Queste ed altre sono le domande che stimolano la riflessione e il dibattito fra gli specializzandi.

#### **4. Elaborazione di un curriculum di chimica**

Questo è il momento laboratoriale che consente allo specializzando di acquisire competenze relative alla progettazione curricolare.

Gli strumenti di lavoro in questo caso sono molteplici. Alcuni afferiscono all'area 1, provengono dai corsi di Pedagogia, Didattica generale, Psicologia..., altri appartengono allo stesso corso di Didattica della chimica, altri vengono acquisiti nel Tirocinio Didattico sotto la guida dei Supervisor. È un'attività di Laboratorio didattico in cui si applicano le conoscenze teoriche e operative apprese e si acquisiscono competenze procedurali relative alla progettazione di un percorso didattico, in seguito le competenze trasversali sviluppate potranno essere trasferite in altri settori disciplinari.

Per elaborare un curriculum di chimica gli insegnanti devono compiere un'analisi disciplinare del tema scelto riguardo agli aspetti storico-epistemologici, alla sua rilevanza disciplinare e sociale, alla sua importanza nella vita quotidiana, alla complessità concettuale, ai suoi aspetti culturali e trasversali alle altre discipline; compiere un'analisi dei prerequisiti richiesti e definire le modalità di verifica delle pre-conoscenze; definire gli obiettivi/competenze trasversali e specifici; scegliere e organizzare le attività per gli studenti che siano coerenti con la definizione degli obiettivi; individuare metodologie e strategie didattiche per facilitare gli apprendimenti disciplinari: esperienze dirette, ricerche bibliografiche, uso di mediatori multimediali, giochi di simulazione, lavori di gruppo, problem solving, comunicazione e discussione; predisporre prove di verifica e definire i criteri di valutazione. Non si pretende che gli specializzandi sappiano fare tutto questo, ma lo scopo del Laboratorio è proprio quello di lavorare insieme per individuare le tappe della progettazione e per acquisire gradualmente le competenze necessarie.

Dopo una lezione introduttiva con uno spazio destinato agli interventi e alla richiesta di ulteriori informazioni, precisazioni e chiarimenti, vengono formati i gruppi di lavoro e attribuiti i temi su cui ciascun gruppo dovrà lavorare.

I temi su cui elaborare un percorso didattico sono i seguenti:

- Dai materiali alle sostanze: la chimica del macroscopico
- Dal macroscopico al microscopico, molecole e atomi
- La periodicità degli elementi, alcune proprietà periodiche
- Teorie atomiche, legami chimici e geometria molecolare
- Equilibri in soluzione: acidi e basi
- Equilibri redox, pile, elettrolisi
- Reazioni ed energia
- Le trasformazioni chimiche e la loro governabilità

- La chimica nella vita quotidiana
- La chimica e l'ambiente

Inizia il laboratorio: i gruppi avviano la progettazione di un modulo oppure di una unità didattica. Durante il lavoro elaborativo in aula sorgono numerosi dubbi, emergono modi diversi di intendere la didattica della disciplina, il "lessico didattico" non è uniforme, emergono le conoscenze chimiche universitarie e la tendenza a ripetere in maniera acritica quanto studiato, risulta difficile individuare e distinguere tra ciò che è proponibile a ragazzi di 11-13 anni, di 14-15 anni oppure di 16-18 anni. Emergono perplessità e scetticismo quando, per gli allievi della scuola secondaria di primo grado, si propone un approccio fenomenologico alle scienze sperimentali che non fa uso dei modelli interpretativi atomici e molecolari. Quando necessario si interrompe il lavoro di gruppo e si aprono parentesi di didattica, in cui si parla dei nodi concettuali fondamentali della chimica, delle finalità proprie della chimica nella scuola secondaria, delle competenze delle verifiche e valutazioni, si presentano esempi di unità didattiche o moduli.

Al termine dei lavori un relatore per gruppo presenterà brevemente ai colleghi i risultati dei lavori, che saranno necessariamente parziali, ma riusciranno ad avviare la discussione su problematiche di didattica chimica concrete. Come affronto questo determinato argomento? In quale punto del curriculum lo colloco? Posso realizzare esperienze pratiche di laboratorio sul tema? Questa unità didattica ha un senso compiuto? Quali sono gli aspetti sociali, tecnologici, quotidiani legati al tema? Ci vuole troppo tempo per trattare il modulo, posso dare la priorità ad un tema a discapito di un altro? Come valuto le competenze trasversali? Come organizzo le esperienze di laboratorio dal momento che sono poco esperto? Le risposte sono aperte, vanno ricercate attingendo alla ricerca didattica, valutando attentamente il materiale offerto dai libri di testo, dalla rete internet, noi indichiamo delle vie da seguire per trovare autonomamente delle possibili soluzioni.

Successivamente ogni corsista proseguirà autonomamente la progettazione dell'unità didattica che presenterà per la valutazione di fine corso.

### 5. La chimica nella vita quotidiana

Per motivare i nostri studenti, far nascere l'attenzione e il gusto per la chimica si può tentare di coinvolgerli non solo dal lato intellettuale ma anche dal lato affettivo, mostrando che la chimica è utile per comprendere e intervenire sugli aspetti fondamentali della vita dell'uomo e nei suoi rapporti con la natura, la salute, la tecnologia e l'economia. La chimica infatti non si limita ad analizzare la realtà ma, se essa non soddisfa le esigenze e le aspettative dell'uomo, interviene per modificarla tramite reazioni chimiche e produzione di nuovi materiali.

Vengono presentati due progetti anglosassoni che introducono concetti e modelli esplicativi delle scienze partendo dagli oggetti della vita di tutti i giorni.

Uno di questi è il progetto l'inglese "Salters' Approach" in cui ogni argomento si basa su aspetti della vita di tutti i giorni, i concetti chimici e le interpretazioni dei fenomeni scaturiscono naturalmente dallo studio di queste situazioni quotidiane. Il progetto si prefigge di fondere le esigenze disciplinari con le motivazioni e gli interessi degli allievi iniziando la trattazione di un argomento a partire da esperienze di cui essi abbiano conoscenze dirette. Partendo da questo punto si giunge a mostrare come tali esperienze permettano di comprendere e interpretare i fenomeni riconducendoli dalla varietà delle apparenze ad un unico modello interpretativo.

Ci si chiede se i progetti inglesi siano trasferibili nella realtà italiana, con quali adattamenti, quali siano i rischi di banalizzare e rendere approssimativi i concetti, quali competenze dovrebbe avere il docente. Più concretamente ci si domanda quali spazi curricolari ed extracurricolari sono presenti nel sistema scolastico italiano per trattare alcuni aspetti della chimica che ricorrono nella vita quotidiana oppure nella realtà economica e sociale.

### VALUTAZIONE DI FINE CORSO

Nella prima giornata di presentazione del corso i due docenti illustrano la tipologia delle prove richieste agli specializzandi per la valutazione di fine corso ed i criteri di valutazione.

Le prove consistono in tre relazioni, qui descritte, da presentare almeno 5 giorni prima della data fissata per l'appello e in un colloquio sugli elaborati presentati.

**1. Relazione sull'analisi critica dei libri di testo.** La prima relazione è un'analisi critica comparata di due libri di testo esaminati dai corsisti nei lavori di gruppo, in relazione ad un tema affrontato. La valutazione tiene conto della presenza nella relazione di elementi identificativi, la valutazione delle informazioni, la valutazione degli strumenti didattici, degli obiettivi e l'individuazione degli elementi utili per stabilire quale approccio metodologico – didattico caratterizza la trattazione dell'argomento in esame all'interno della struttura del testo: se si tratta di un approccio sperimentale, teorico, descrittivo o episodico.

**2. Relazione sul ruolo del laboratorio nella didattica della chimica.** Gli specializzandi esprimono le proprie considerazioni traendo spunto dalle attività sperimentali condotte durante il corso. La valutazione tiene conto della presenza nella relazione del collegamento con le attività svolte nel laboratorio di chimica, di considerazioni sulla fattibilità delle attività sperimentali anche in luoghi non attrezzati, del collegamento con la teoria, della sottolineatura del carattere della chimica quale scienza sperimentale, del riferimento alla simulazione di attività sperimentali ed al ciclo di studi.

**3. Progettazione di un percorso didattico.** Gli specializzandi progettano in ogni sua fase un percorso didattico su un tema scelto tra quelli elencati nell'allegato 1 avendo cura di esplicitare la tipologia di istituto e l'età degli studenti ai quali il percorso didattico è indirizzato, evidenziare altresì gli eventuali aspetti storico-epistemologici coinvolti e gli aspetti trasversali rispetto alle altre discipline.

Viene valutata la presenza di indicazioni relative a: prerequisiti, obiettivi didattici, articolazione e scansione temporale,

verifica dell'apprendimento, tipologia istituto ed età studenti, aspetti storico – epistemologici, aspetti trasversali, modalità di gestione delle attività, modalità di gestione del gruppo classe, correttezza formale e capacità di sintesi, riferimenti bibliografici.

---

## ALLEGATO 1

### PROGRAMMA DEL CORSO

**Premessa:** Evoluzione storico - epistemologica nella concezione di Insegnamento scientifico

#### 1. Aspetti epistemologici

- A. Il rapporto tra la conoscenza comune la conoscenza scientifica
- B. Il ruolo dell'osservazione ed il metodo scientifico
- C. Il ruolo dei modelli e la loro utilizzazione didattica
- D. Caratterizzazione della chimica sulla base della teoria della complessità
- E. Qualità dell'apprendimento e ruolo del curriculum

#### 2. Aspetti storici

- A. Pensiero convergente e divergente nello sviluppo della chimica
- B. Analisi dello sviluppo storico dei concetti base della chimica
- C. Lo sviluppo dell'industria chimica in Sardegna
- D. Storia dello sviluppo tecnologico (in chimica)

#### 3. Aspetti didattici (comprendono 15 ore di laboratorio)

- A. Finalità ed obiettivi dell'insegnamento della chimica (in relazione alla struttura del sistema scolastico secondario)
- B. Analisi dei nodi concettuali fondamentali (dal punto di vista dell'apprendimento)
- C. Elaborazione di un curriculum di base
- D. Il controllo del processo di apprendimento: verifiche e valutazioni
- N. Il ruolo del laboratorio nella didattica della chimica
- O. Analisi critica dei programmi ministeriali
- G. Analisi critica dei libri di testo
- H. L'informatica nell'insegnamento della chimica
- I. La chimica nella vita quotidiana
- L. La chimica e l'ambiente
- M. Il problema dell'energia in chimica
- N. Relazioni tra scienza e gioco

#### 4. Complementi di chimica

- i nuovi materiali
- tecniche spettroscopiche e loro applicazioni
- sviluppi recenti della chimica organica ed inorganica

#### 5. Aspetti trasversali (alle varie discipline scientifiche)

La trasposizione didattica, il linguaggio scientifico, l'informazione in campo scientifico, il rapporto tra scienza ed etica, il concetto di energia

# Un problema chimico – fisico per i futuri insegnanti della Scuola Secondaria Superiore: l'insegnamento della Termodinamica

Pierluigi Riani

*Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale – Università di Pisa*

## 1. Introduzione

Quello della Termodinamica nella Scuola Secondaria Superiore è un problema annoso; le soluzioni che via via vengono proposte possono essere più o meno soddisfacenti, ma un punto risulta ormai abbastanza chiaro: una conoscenza approfondita e consapevole dell'argomento (quella che possiamo chiamare "padronanza") non può essere acquisita da studenti normali di 17 – 19 anni. Questo dato è valido soprattutto se della Termodinamica siamo interessati soprattutto agli aspetti chimici correlati con il Secondo Principio (l'equilibrio chimico, tanto per semplificare). Sono quindi necessari alcuni robusti compromessi ed è ancora più necessario un buon dominio della disciplina da parte del docente.

Ed è proprio in questo che va a cascata l'asino. La classe A060 è ampiamente composita, e un docente della medesima dovrebbe avere buone conoscenze nel campo della biologia, della Chimica, della Geologia e di tutto quanto collegato, oltre naturalmente a qualche conoscenza di Fisica di base. Se la preparazione al riguardo degli specializzandi laureati in Chimica è in molti casi carente, quella dei laureati in altre discipline è spesso totalmente insufficiente in quanto è determinata solo da qualche corso di servizio. Che fare, allora?

Una premessa di carattere generale è necessaria. Lo scrivente ha maturato la convinzione che il numero di anni necessario alla formazione degli insegnanti non debba essere aumentato; è però anche convinto che al termine della SSIS la formazione di insegnante autenticamente valido sia appena abbozzata. Non si tratta, evidentemente, di un'idea preconcepita, ma piuttosto di una convinzione maturata in seguito alla valutazione di un gran numero di prove di esame: selezioni per l'ammissione, esami di passaggio fra primo e secondo anno, esami finali del secondo anno, esami di stato per l'abilitazione all'insegnamento.

Riguardo alle prove di ammissione un certo lavoro interpretativo è già stato svolto (1). Nella sede Toscana della SSIS le prove di ammissione per l'area Scienze Naturali (e in particolare per la classe A060) sono due: la prima consiste in una nutrita serie di quesiti a scelta multipla, la seconda è articolata in domande aperte, una per Biologia, una per Chimica, una per Scienze della Terra. Proprio dall'esame delle risposte alle domande aperte, che richiedono la trattazione sintetica di un tema di carattere assai generale, può essere dedotto un dato alquanto sconcertante: le conoscenze chimiche della gran maggioranza dei concorrenti si collocano a un livello decisamente insufficiente.

E a questo punto il problema è diventato scottante. Durante tutta la fase preparatoria della struttura generale della SSIS era stato posto con forza un punto: nella SSIS si deve parlare di didattica e, di conseguenza, nella SSIS si devono dare per acquisiti gli aspetti disciplinari. I debiti disciplinari devono essere saldati a parte, magari seguendo corsi universitari a carattere istituzionale. Ebbene, fino dai primi cicli è risultato evidente che l'applicazione stretta di questa direttiva non è proponibile, in particolar modo per quelle classi di concorso particolarmente composite come la A059 e la A060. La formazione di un buon insegnante richiede quindi un processo alquanto lungo e faticoso, comprendente i due anni di SSIS per quanto riguarda gli aspetti più spiccatamente didattici, ma che deve proseguire poi con percorsi di formazione in servizio (percorsi per i quali le SSIS o le strutture che sostituiranno le SSIS nel futuro dovrebbero rapidamente attrezzarsi), riguardanti anche gli aspetti disciplinari.

Una questione è chiara: non si può parlare di didattica in ambito disciplinare riguardo a tematiche sulle quali gli specializzandi hanno avuto formazione e informazioni insufficienti o nulle. Occorre quindi giungere a robusti compromessi, che nel caso di chi scrive sono stati realizzati costruendo percorsi nei quali l'esame dei problemi strettamente didattici si intreccia continuamente con la trattazione di tipo disciplinare.

## 2. La situazione iniziale

Quali sono le conoscenze che gli allievi SSIS hanno riguardo alla termodinamica? Personalmente ricorro ogni anno, con i nuovi corsisti, a un breve colloquio collettivo dal quale finora sono mediamente emersi i seguenti dati:

- Il primo e il secondo principio della termodinamica sono generalmente noti; purtroppo le conoscenze sono prevalentemente di tipo "linguistico". In altri termini: si conoscono gli enunciati ma (e questo vale soprattutto per il secondo principio) il livello di comprensione effettiva degli stessi è assai basso. In particolare voglio segnalare la questione delle macchine termiche: la formulazione di Kelvin (non è possibile immaginare un dispositivo che, lavorando ciclicamente, abbia come unico effetto la produzione di lavoro prelevando calore da un'unica sorgente) resta totalmente astratta, nessuno è in grado di costruire uno schema effettivo di macchina termica.

- Riguardo alla temperatura le idee sono spesso confuse; in particolare il dramma esplode quando si tenta di darne una definizione. Quasi tutti sono in qualche occasione venuti a contatto con l'idea che una definizione rigorosa è questione assai complicata, che deve passare attraverso il concetto di equilibrio termico e il principio zero. Questo dato impedisce la buona vecchia scappatoia della definizione operativa, del tipo "la temperatura è quella grandezza che si misura con il termometro". Sono invece preferite definizioni totalmente prive di significato, molto usate nei libri di testo per la scuola secondaria, del tipo "la temperatura è quella grandezza che misura il "livello termico" (??) di un sistema".

- Per quanto riguarda il concetto di funzione di stato, non ci si può lamentare eccessivamente: siamo ben lontani dalle

cartesiane idee chiare e distinte, ma qualche cosa c'è. La situazione peggiora decisamente quando si vuole andare a distinguere fra proprietà intensive e proprietà estensive; i guai arrivano in particolare quando si ha a che fare con grandezze estensive (vedi ad esempio l'entalpia  $H$ ) che vengono spesso confuse con le grandezze intensive correlate (entalpia molare, entalpia di reazione ecc.), peraltro indicate pressoché in tutti i testi senza alcun cambiamento di simbolo.

- Il concetto di funzione di processo è latitante. I problemi riguardano in particolare il calore, per il quale l'antica concezione di "fluido imponderabile" che passa da un sistema A a un sistema B (e che, di conseguenza, prima era "contenuto" nel sistema A, poi è "contenuto" nel sistema B) è ancora ben presente.

- Per l'entropia è quasi sempre radicata l'idea della "grandezza che misura il disordine"; fanno lodevole eccezione coloro che hanno seguito corsi specifici di Chimica Fisica e che, soprattutto, dei medesimi corsi hanno conservato adeguata memoria.

- Ben di rado viene compiuto il collegamento fra termodinamica ed elettrochimica. È quasi sempre nota l'equazione di Nernst, ma manca in genere notizia dell'origine della stessa; passando ad aspetti più tecnologici (importantissimi da un punto didattico!) gli allievi in genere non sanno che la produzione di energia meccanica per via elettrochimica paga al secondo principio della termodinamica un biglietto relativamente ridotto.

Il quadro è abbastanza evidente: le conoscenze necessarie a un insegnante che voglia svolgere il proprio mestiere con un minimo di cognizione di causa devono quasi completamente essere costruite ex-novo.

### 3. Una proposta di percorso didattico per la SSIS

Prima di tutto è opportuno abbattere un ostacolo che si presenta immediatamente, e che è costituito dalla domanda seguente: la Termodinamica fa parte della Fisica o della Chimica? La risposta che personalmente do a questa domanda è sintetizzabile nella frase seguente: non lo so e non me ne importa nulla. Di una cosa però possiamo essere certi: la Termodinamica è indispensabile per tutte le aree scientifiche: Fisica, Chimica, Scienze della vita, Scienze della Terra. Naturalmente l'indispensabilità dipende molto dal livello in cui si vogliono affrontare le discipline: se si rimane sul qualitativo e sul puramente descrittivo la termodinamica non serve assolutamente a niente; se invece si vogliono affrontare da un punto di vista quantitativo i problemi della spontaneità dei processi e delle eventuali condizioni di equilibrio, allora proprio non se ne può fare a meno.

A questo punto il problema da affrontare assume diversi aspetti, traducibili nelle domande seguenti: a) quali sono le conoscenze che un buon insegnante deve possedere? b) quali di queste competenze risultano accessibili a normali allievi di scuola secondaria superiore? c) quale può essere una strada corretta per trasmettere queste competenze?

Nel presente lavoro cercheremo di fornire alcune possibili risposte.

#### 3.1. Identifichiamo e delimitiamo il campo

La termodinamica è un'area scientifica il cui sviluppo ha seguito diverse direttrici; occorre prima di tutto avere alcune informazioni al riguardo, in modo da poter effettuare una scelta didatticamente valida con cognizione di causa.

Per cominciare, ci troviamo di fronte ad alcuni dati storici; l'introduzione di questi dati è essenziale per favorire la comprensione di una tematica che risulta essere particolarmente ostica. In estrema sintesi:

- La nascita della termodinamica coincide con l'introduzione delle macchine termiche, ed è determinata evidentemente da problemi di tipo economico; non per nulla uno dei primi argomenti affrontati compiutamente in modo teorico (Sadi Carnot, *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, 1824) riguarda proprio la questione del rendimento, inteso come rapporto fra ciò che si ottiene e ciò che si spende.

- La formulazione del secondo principio precede quella del primo principio, e per buona ultima arriva la formulazione del cosiddetto "principio zero".

- La formulazione statistica arriva verso la fine del secolo scorso, con i lavori di Boltzmann e di Gibbs, fondamentali questi ultimi per le applicazioni chimiche.

- In tempi relativamente recenti la termodinamica scopre il campo del "non equilibrio"; si aprono al riguardo orizzonti vastissimi non solo nel campo chimico, ma anche in quello biologico e in quello geologico.

Il quadro è a questo punto abbastanza completo; per l'insegnante si apre la scelta fra due opzioni possibili.

a) Si limita il lavoro didattico alla parte più classica della termodinamica, quella relativa agli stati di equilibrio, con qualche eventuale sconfinamento nella parte statistica. Quest'ultima precisazione si rende necessaria se si opta per l'introduzione del concetto di entropia, concetto decisamente ostico per allievi di 17 – 18 anni, e che nella versione della termodinamica classica risulta troppo astratto e incomprensibile (2). Da notare che in molti casi la variazione di entropia viene introdotta nella forma  $\Delta S = Q/T$ , tralasciando completamente le considerazioni riguardanti la reversibilità e l'isotermicità del processo.

b) Si parte in velocità e si arriva a introdurre qualche concetto della termodinamica di non equilibrio, quantomeno nella versione semplificata dei processi in prossimità dell'equilibrio.

Personalmente sono decisamente a favore della prima opzione: senza con questo voler prendere posizioni troppo precise, sono convinto che la seconda rischia fortemente di tradursi in una scadente divulgazione.

#### 3.2. Una prima nota didattica.

Quando si affronta con gli allievi un argomento come la termodinamica, sono necessarie alcune considerazioni di carattere eminentemente didattico – pratico.

Ci si va a trovare in un ambito disciplinare nel quale le conoscenze di senso comune sono scarse e, soprattutto, decisamente primitive. Tanto per chiarire, diciamo che l'allievo "medio" può avere qualche informazione di tipo operativo sul concetto di temperatura (che, ripetiamo, è quella cosa che si misura con il termometro), non è generalmente in grado di fare distinzioni sensate fra i concetti di temperatura e di calore, ha idee assai vaghe sui rapporti fra calore ed energia.

Gran parte dei concetti introdotti sono totalmente nuovi, e per di più la formalizzazione è assai elevata: che cosa possono

significare, per un allievo di 17-18 anni gli enunciati del secondo principio di Clausius e di Kelvin (soprattutto quest'ultimo) qualora gli stessi non vengano sottoposti a un adeguato approfondimento? (n. b.: l'adeguatezza dipende soprattutto dal tempo dedicato).

In casi come questo il rischio è che il risultato dell'azione didattica si traduca in qualcosa che può somigliare a un'onda stretta e non necessariamente elevata: alcuni allievi recepiscono qualcosa, ma dopo un tempo che può essere anche assai breve dimenticano completamente tutto.

Un parziale rimedio può consistere nella proposta di un percorso didattico articolato in tre passaggi.

- Il primo è costituito dall'esame di una rete concettuale del tipo di quella riportata alla fine del presente lavoro. Con questa rete gli allievi vengono messi di fronte a una rappresentazione sinteticissima del problema che dovranno affrontare.

- Il secondo è quello "normale", nel quale il problema viene esaminato analiticamente, approfondendone i diversi aspetti; è necessario tener costantemente d'occhio la rete concettuale in modo da aver sempre presente da dove si viene e dove si sta andando (o quantomeno dove si può andare).

- L'ultimo consiste in una ricapitolazione finale: l'argomento viene rivisitato per sommi capi, evidenziando gli aspetti di maggiore interesse. Spesso è opportuno che questo passaggio venga svolto in forma seminariale.

Nota di carattere personale. Questo tipo di approccio è da me utilizzato nei corsi universitari, ed è la sintesi di diverse esperienze e di diversi errori. Quando, dopo l'entusiasmo del docente alle prime armi, uno si rende conto (esaminando senza sadismo i risultati degli esami) che la gran maggioranza dei propri allievi non ha tratto un gran giovamento dal corso seguito, scatta la caccia al rimedio. Primo tentativo: si contraggono i contenuti del corso. In genere questo tentativo non produce grandi risultati, a meno che la riduzione non arrivi a livelli assolutamente inaccettabili. Altri palliativi risultano essere proprio palliativi, finché non si riesce a capire il punto chiave (una banalità, per chi fa didattica con un minimo di coscienza critica): ciò che il docente spiega sembra estremamente chiaro al docente stesso che padroneggia la materia, ma non può essere altrettanto chiaro per gli allievi. Effettuando invece un secondo passaggio, anche se molto più sintetico del primo, gli allievi hanno già qualche informazione su ciò a cui il percorso didattico mira, e sono quindi messi in grado di comprendere i concetti proposti con maggior cognizione di causa.

In conclusione posso rilevare che, dopo un percorso così articolato, i risultati in sede di esame sono migliorati nettamente; fra l'altro diversi allievi hanno dichiarato di aver capito più nella fase della sintetica ricapitolazione finale che nella lunga fase precedente.

### 3.3. Esame critico di alcuni concetti.

E' utile un esame di alcuni dei concetti di base della termodinamica che pongono più problemi di natura didattica. Le difficoltà riguardano non solo gli studenti di scuola secondaria superiore, ma anche gli specializzandi SSIS.

**Stato del sistema.** In termini semplificati possiamo dire che lo stato del sistema è determinato quando siamo in grado di fornire i valori di una qualsiasi grandezza relativa al sistema stesso. Viene però fuori immediatamente un problema didattico e non solo: quello dei due piani di trattamento, macroscopico e microscopico. La termodinamica classica si occupa esclusivamente del piano macroscopico per cui, senza ulteriori informazioni, la conoscenza dello stato del sistema non ci pone generalmente in grado di valutare anche le grandezze microscopiche.

**Grado di varianza.** È necessario conoscerlo per impostare in modo corretto la definizione dello stato del sistema. Riguardo al concetto di grado di varianza sono necessarie alcune precisazioni riguardo a problemi che rischiano di creare una certa confusione. Prima di tutto vediamo una definizione semplificata: grado di varianza è il numero minimo di variabili delle quali occorre dare il valore per definire lo stato del sistema. E' una definizione validissima, soprattutto se si insiste sul "minimo": si tratta infatti di una condizione necessaria (quel numero di variabili ci vuole sicuramente, anche se possono essere poche) e sufficiente (con quel numero di variabili siamo sicuramente in grado di definire lo stato del sistema, anche se alcune potrebbero essere eliminate). Probabilmente è opportuno che l'insegnante sia a conoscenza della versione più "matematica": se  $n$  è il grado di varianza, possiamo trovare insiemi di  $n$  variabili relative al sistema che realizzano le condizioni seguenti: a) non è possibile trovare una relazione  $k = f((1, 2, \dots, (k-1), (k+1), \dots, n))$  che lega una delle variabili alle altre  $(n-1)$ ; b) data una variabile  $m$  esterna al gruppo prescelto, è sempre possibile esprimerla attraverso una relazione  $m = g(1, 2, \dots, n)$ . C'è però un altro punto: che tipo di descrizione vogliamo del sistema? Cerchiamo di spiegarci con un esempio: se abbiamo un campione di sostanza gassosa, possiamo optare per una descrizione di tipo intensivo (non ci interessa quanto gas abbiamo), nel qual caso sarà sufficiente dare i valori di due qualsiasi delle grandezze  $P, v, T$  per poter ricavare univocamente il valore della terza; se siamo interessati invece a una descrizione di tipo estensivo occorrerà dare i valori di tre grandezze, scelte ad esempio fra  $P, V, n, T$ . Notare la differenza di scrittura: nel primo insieme abbiamo  $v$ , volume molare; nel secondo abbiamo  $V$ , volume effettivo.

**Equazioni di stato.** Sono le relazioni che collegano fra loro le grandezze caratteristiche di un sistema. Un punto che deve essere chiaro a docenti e allievi: soprattutto (ma non solo!) nel campo tecnologico la ricerca di equazioni di stato empiriche per i sistemi reali è un settore che ha moltissime applicazioni pratiche. Un altro punto da esaminare: non esiste solo l'equazione di stato dei gas perfetti o, nei casi più favorevoli, l'equazione di Van Der Waals.

**Funzioni di stato e Funzioni di processo.** Le grandezze che definiscono lo stato del sistema devono evidentemente essere strettamente collegate con lo stato stesso: in altri termini, a uno stato del sistema deve corrispondere un valore ben determinato della grandezza, che viene detta **funzione di stato**. È però opportuno modificare in parte quanto detto: la validità è evidente per grandezze quali volume, temperatura, pressione, alle quali possono essere attribuiti valori numerici assoluti, mentre per le grandezze nelle quali entra l'energia dobbiamo procedere in altro modo. Come è ben noto, l'energia è infatti definita a meno

di una costante additiva arbitraria, per cui la specifica del valore assoluto è priva di significato; possiamo correggere quindi la nostra definizione dicendo che una grandezza è funzione di stato quando, in conseguenza di una trasformazione, la sua variazione dipende solo dagli stati iniziale e finale (e non dal percorso seguito dalla trasformazione). Dal punto di vista della termodinamica classica, un discorso perfettamente analogo vale per l'entropia; d'altra parte, in termodinamica statistica l'entropia ha un valore assoluto perfettamente definito, dato dalla relazione di Boltzmann. Altre grandezze, dette **funzioni di processo**, non dipendono dallo stato del sistema, ma dal tipo di trasformazioni che nel sistema hanno luogo; per quanto riguarda le funzioni di processo che interessano la termodinamica, calore e lavoro, la questione verrà vista con cura in un paragrafo dedicato.

**Stati di equilibrio, trasformazioni, reversibilità.** Ci si addentra in problemi apparentemente semplici, che però è difficile vedere con la necessaria chiarezza. E' opportuno che l'insegnante approfondisca alcuni punti:

a) Lo stato di un sistema è definito se conosciamo il valore di alcune grandezze (es.  $n$ ,  $V$ ,  $T$  per il solito gas, perfetto o meno). Perché i valori di tutte le grandezze siano ben definiti, occorre che il sistema si trovi in uno *stato di equilibrio* che non varia nel tempo. Prendiamo ad esempio un gas che viene riscaldato, e che quindi non si trova in uno stato di equilibrio: il volume può essere determinato facilmente a ogni istante, anche se sta variando; la temperatura invece sarà disomogenea, e non potremo quindi parlare di "temperatura del sistema" (in altri termini: troveremo valori diversi della temperatura punto per punto).

Dovrebbe essere chiaro che il concetto di "stato di equilibrio" è un concetto – limite, al quale però ci possiamo avvicinare parecchio, utilizzando ad esempio un termostato e un pressostato. In termodinamica classica l'uso di concetti – limite è molto frequente.

Quando rappresentiamo lo stato di un sistema con un punto su un diagramma di stato, automaticamente dobbiamo far riferimento a uno stato di equilibrio. Un sistema che non si trova in uno stato di equilibrio non è rappresentabile su un diagramma di stato.

Per la termodinamica classica una trasformazione è un processo che unisce due stati di equilibrio. Una trasformazione costituita da una successione infinita di stati di equilibrio o che ne differiscono per infinitesimi è detta *trasformazione reversibile*; una trasformazione che non rispetta questa clausola (peraltro molto restrittiva!!!) è detta *trasformazione irreversibile*. Anche il concetto di trasformazione reversibile è un concetto limite; una trasformazione reale qualsiasi è sempre irreversibile, anche se alla reversibilità può avvicinarsi. Quando su un grafico qualsiasi rappresentiamo una trasformazione con un grafico continuo (esempio banale: una isoterma di Boyle), si fa per forza riferimento a una trasformazione reversibile. In una trasformazione irreversibile infatti sono definiti solo gli stati iniziale e finale; facendo riferimento all'isoterma di Boyle, in una compressione irreversibile potremo punto per punto avere il valore esatto del volume, ma non avremo un valore univoco per la pressione, e in più sarà ben difficile assicurare l'effettiva isothermicità.

**Proprietà estensive e intensive.** In genere la differenza viene colta in modo intuitivo; le idee diventano però assai poco chiare quando si comincia a trattare di proprietà strettamente termodinamiche come energia interna, entalpia, entropia. La dizione più frequente è quella per cui una proprietà estensiva dipende dalla quantità di materia, una proprietà intensiva no (3); questo tipo di approccio è però accettabile solo con alcune restrizioni mentali, e un semplice esempio può chiarire le cose.

Supponiamo di avere un cilindro munito di rubinetto, chiuso da un pistone mobile. Questo cilindro contiene un gas; se aumentiamo la quantità di gas aumenta il volume mentre la pressione resta costante. Il volume è quindi una proprietà estensiva, la pressione una proprietà intensiva, come da regolamento. Se però blocchiamo il pistone, lo stesso aumento della quantità di gas varia la pressione ma non varia il volume: abbiamo capovolto la situazione e i regolamenti vigenti non sono più rispettati. Chi ha ragione? È abbastanza evidente che la dizione usata vale con qualche restrizione: sistema chiuso oppure pressione costante.

Personalmente risolvo il problema nel seguente modo: se prendiamo il sistema, lo dividiamo idealmente in due parti e esaminiamo il valore delle proprietà nelle singole parti, quelle estensive variano rispetto al totale (massa e volume, ad esempio), quelle intensive non variano (pressione, densità, temperatura).

### 3.4 Temperatura

Si va nel difficile: l'esame delle principali grandezze che caratterizzano un sistema richiede idee chiare da parte dell'insegnante, anche se per gli allievi dovremo limitarci a discorsi abbastanza vaghi. È comunque opportuno che anche gli allievi abbiano qualche idea delle difficoltà di natura epistemologica che si celano sotto concetti apparentemente semplici e, soprattutto, molto usati.

Alcune grandezze sono di chiara pertinenza meccanica (la pressione, ad esempio); è però estremamente interessante per il lavoro didattico in termodinamica la **temperatura**. Di essa possiamo dire che tutti sanno che cosa è finché non provano a spiegarlo. Chi ha buone nozioni di chimica fisica sa che la definizione classica di temperatura parte dal principio zero e dal concetto di equilibrio termico e, attraverso un percorso abbastanza involuto anche se perfettamente logico, arriva dapprima all'identificazione della grandezza e poi (mediante i termometri a gas) alla sua quantificazione. Per scopi didattici a livello di scuola secondaria è invece sufficiente la definizione strettamente operativa di cui abbiamo già detto, sottolineando magari che il concetto di temperatura serve a rendere quantitative le sensazioni (soggettive!) di caldo e di freddo.

Riguardo a termometri e scale termometriche, è opportuno evidenziare un aspetto interessante:

- La scala Celsius utilizza le temperature negative; si potrebbe pensare che non vi sia limite né superiore, né inferiore, ma l'esame del comportamento dei gas a bassa pressione (che dovrebbero comportarsi come gas perfetti) stabilisce l'esistenza di un limite inferiore, oltre al quale si avrebbero volumi negativi o pressioni negative.

- La scala Kelvin evidenzia invece l'esistenza di questo limite inferiore della temperatura, limite che fra l'altro non può essere mai raggiunto.

184 Riguardo alla definizione operativa, è utile far riflettere gli specializzandi su alcuni problemi di natura teorica, ma non solo. Se definiamo operativamente la lunghezza (è quella grandezza che si misura con il metro), è certamente facile dimostrare che

un metro è uguale a un altro metro: basta confrontare. La stessa cosa vale per la massa. È invece sicuramente più difficile dimostrare che un Kelvin è uguale a un altro Kelvin.

Quest'ultimo punto vale particolarmente per i termometri di uso comune, quelli a dilatazione di liquido. Se ad esempio tarriamo un termometro per le temperature di 0°C e 100°C, che cosa vuol dire "dividere l'intervallo in 100 parti uguali"? E' chiaro che in modo alquanto criptato ci si basa su due affermazioni, peraltro coincidenti: a) la dilatazione è lineare rispetto alla temperatura (ed è proprio la temperatura che stiamo cercando di determinare!); b) la temperatura è lineare rispetto alla dilatazione. Il gatto si è morso la coda! Fra l'altro, è bene sottolineare come l'invocata relazione di linearità fra temperatura e dilatazione sia vera solo in modo alquanto approssimato; è infatti noto che due termometri che usano liquidi termometrici diversi possono segnare, lontano dai punti di taratura, temperature sensibilmente diverse.

In un percorso didattico di buon livello per la scuola secondaria può anche essere utile l'approccio statistico: la temperatura è una grandezza direttamente proporzionale all'energia cinetica media delle particelle che costituiscono il sistema. Dal momento che l'energia cinetica è sempre positiva, con questo approccio cade evidentemente il problema delle temperature negative.

#### 4. Funzioni di processo

Calore e lavoro: due concetti assai diversi, che il primo principio della termodinamica provvede a unificare e a chiarire. Gli ostacoli cognitivi sono diversi, ed è opportuno che il docente ne sia a conoscenza; da sottolineare che molto spesso questi ostacoli cognitivi sono tali tanto per lo studente quanto per il docente.

Per quanto riguarda il lavoro, il problema relativo a questa grandezza viene in buona parte risolto nell'ambito dei corsi di Fisica. Può essere generalmente nota, a livello di scuola secondaria, la definizione semplificata come  $\mathbf{W} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{S}$  (le semplificazioni sono date da forza costante, spostamento rettilineo). La traduzione utile per un sistema termodinamico ( $\mathbf{W} = \mathbf{P} \Delta \mathbf{V}$ , con la limitazione P costante) può sembrare abbastanza semplice, ma non dobbiamo però sottovalutare le difficoltà insite nella comprensione di cosa sia P.

La pressione di interesse è infatti  $P_{est}$ , la pressione esterna che agisce sul sistema, e non  $P_{int}$ , la pressione interna del sistema. Nessuna difficoltà se si fa riferimento a un sistema in equilibrio ( $P_{est} = P_{int}$ ) oppure a una trasformazione reversibile ( $P_{est}$  può differire da  $P_{int}$  solo di infinitesimi); i problemi vengono però fuori con le trasformazioni irreversibili nelle quali  $P_{est} \neq P_{int}$ . Prendiamo come esempio la compressione di un gas contenuto in un cilindro dotato di pistone mobile: in molti allievi sussiste l'idea che il lavoro risulti indipendente dalla modalità in cui viene eseguita la compressione stessa. Questa idea ha origine dalla convinzione che la pressione interna sia univocamente definita in base al volume molare ( $v = RT/P$ , nel caso semplice di un gas perfetto), e che la pressione da applicare al pistone sia in ogni istante uguale alla pressione interna. Per contrastare questa idea, almeno entro certi limiti, si possono seguire due strade non alternative ma complementari.

Prima di tutto occorre in qualche modo demolire la convinzione che  $P_{est} = P_{int}$ ; per ottenere questo risultato si può cercare di mostrare come, nel caso di compressione veloce, risulti evidente che la pressione interna non è ben definita. Basta pensare a un cilindro lunghissimo (diciamo 10 metri) munito di pistone al quale si dà la classica martellata: di fronte a una situazione del genere un qualsiasi allievo comprende a) che la pressione esterna è, almeno per un tempo brevissimo, assai elevata; b) che la pressione interna non è uniforme se non dopo un certo tempo, e che quindi manometri messi in posizioni diverse segneranno, immediatamente dopo la compressione impulsiva, valori diversi. Qualcuno potrà anche intuire che si forma un'onda di pressione che viaggia alla velocità del suono, e che quindi arriva in fondo al cilindro dopo circa 0.03 s. Fra l'altro, parlando in termini di forze applicate (forza = pressione x superficie del pistone), sarà anche facile far capire come per la compressione sia necessario che  $f_{est} > f_{int}$ , e che quindi  $P_{est} > P_{int}$ ; se la compressione è veloce,  $P_{est} \gg P_{int}$ .

Un ulteriore aiuto può derivare da un esame qualitativo a livello microscopico. Se facciamo riferimento al solito gas, contenuto questa volta in un cilindro adiabatico, possiamo osservare che il pistone in movimento dà una spinta alle molecole che lo urtano, aumentandone l'energia cinetica; se la velocità del pistone è bassa, le spinte saranno deboli e l'aumento di temperatura del gas sarà relativamente modesto; se la velocità del pistone è alta le spinte saranno forti e l'aumento di temperatura del gas sarà più sensibile.

Per il concetto di calore sono guai serissimi: un problema è rappresentato dalla distinzione fra i concetti di calore e temperatura; un altro sta nella comprensione di cosa sia effettivamente il calore. Vediamo per ordine.

Nel linguaggio comune il termine "calore" è usato abbastanza frequentemente: in questa stanza si ha una piacevole sensazione di calore, si scalda una sbarra di ferro al calor rosso, in questa giornata di estate il calore è eccessivo. Non occorrono grandi capacità di analisi: si dice calore, ma quasi sempre si vuole intendere temperatura.

Che cosa può essere proposto in sede scolastica? Per quanto riguarda la scuola secondaria di primo grado (scuola media) la distinzione fra i due concetti appare completamente fuori tiro, e criticabilissima è a mio avviso la scelta di introdurla fra gli obiettivi specifici di apprendimento. Per la scuola secondaria di secondo grado invece qualcosa si può tentare.

Una precisazione è obbligatoria. Nella gran maggioranza dei casi gli allievi di scuola secondaria, nella fascia di età che va dai 16 ai 19 anni, non sono in grado di arrivare a comprendere compiutamente il concetto di calore; possono però essere in grado di assumere delle informazioni al riguardo senza che necessariamente a queste informazioni segua l'acquisizione di un concetto errato. L'importante (ovvio!) è che le informazioni fornite siano corrette; è anche probabilmente opportuno che i principali ostacoli cognitivi siano chiaramente esplicitati.

Può essere utile cominciare con un minimo excursus storico. Lavoisier inseriva il calore (anzi, il calorico) nel suo elenco di elementi, considerandolo come un fluido imponderabile. Se è un fluido, anche se imponderabile, deve essere contenuto nel sistema che stiamo esaminando; questa posizione continua a permanere in quella che possiamo chiamare applicazione del pensiero comune all'ambito scientifico, anche in virtù del linguaggio che viene di norma usato. Si dice infatti, ad esempio, che "il sistema A cede calore al sistema B", e questa dizione è certamente fuorviante rispetto a ciò che è la natura del calore. Se infatti il sistema A "cede" calore, vuol dire che il sistema A "contiene" calore; alla fine del processo il calore ceduto da A

sarà contenuto nel sistema B. Il guaio è che un sistema non “contiene” calore.

Torniamo un momento a occuparci del lavoro. La potenza del linguaggio diventa evidente: non si dice mai che un sistema “cede lavoro” a un altro sistema; si dice invece che un sistema “compie lavoro” su un altro sistema. E di conseguenza ben di rado si sente dire che un certo sistema contiene lavoro; viene di norma abbastanza ben digerita l’idea che il lavoro viene eseguito su un certo sistema, produce delle trasformazioni nel sistema stesso ma non è contenuto da nessuna parte.

Proprio questo tipo di linguaggio può suggerirci una via di uscita: è vero che non possiamo dire che il sistema A “compie calore” sul sistema B, ma è altresì vero che, vista l’intercambiabilità di calore e lavoro, possiamo far passare l’idea che il calore non passa da un sistema all’altro, ma che semplicemente è una modalità di trasferire energia.

Già, ma chi ci assicura che il calore sia una modalità di trasferire energia, proprio come il lavoro? La notissima esperienza che permette di trovare il fattore di conversione fra caloria e Joule (equivalente meccanico della caloria) ci dà la risposta: per far passare un sistema formato da un certo quantitativo di liquido dallo stato 1 (temperatura  $T_1$ ) allo stato 2 (temperatura  $T_2$ ) possiamo scaldare (Q), ma possiamo ottenere lo stesso risultato compiendo solamente lavoro meccanico.

## 5. Il primo principio, l’energia interna e l’entalpia

Una volta visto che un sistema può passare da uno stato 1 a uno stato 2 scambiando energia sotto forma di lavoro o sotto forma di calore, da ulteriori esperienze si ricava un importante risultato. Quando un sistema può passare da uno stato 1 a uno stato 2 attraverso diversi tipi di trasformazione (a, b, c ...), abbiamo in generale:

$$W_a \neq W_b \neq \dots ; Q_a \neq Q_b \neq \dots$$

Vale però sempre la relazione:

$$W_a + Q_a = W_b + Q_b = \dots$$

La conclusione, da sottoporre a popperiane verifiche, si traduce nel primo principio (4) della termodinamica:

Esiste una funzione di stato, che chiamiamo **energia interna (E)**, la cui variazione in un processo che porta il sistema dallo stato 1 allo stato 2 è data dalla relazione

$$\Delta E = Q + W$$

La modalità “calore” di passaggio di energia da un sistema a un altro è quella che si verifica in modo spontaneo per effetto di una differenza di temperatura. La modalità “lavoro”, nella sua versione puramente meccanica di interesse termodinamico (il sistema resta in stato di quiete), si verifica in modo spontaneo per effetto di una differenza di pressione. Vi sono altre modalità di trasferimento di energia, ad esempio l’energia elettrica; il primo principio le inserisce tutte sotto la voce “lavoro”.

In termini generali, il primo principio della termodinamica stabilisce il principio di **conservazione dell’energia**.

Visto in questo modo, potrebbe sembrare che in una normale scuola secondaria superiore non ci siano particolari problemi didattici; invece i problemi ci sono, eccome. La questione principale sta nel concetto di energia, concetto la cui costruzione è di estrema difficoltà in quanto mancano i necessari agganci concreti; vedere più avanti una sezione appositamente dedicata. D’altra parte, visto che la comprensione di un concetto non è un fenomeno binario (sì – no), ma piuttosto un processo graduale che può essere più o meno rapido, sembra opportuno cominciare a parlare precocemente di energia: all’inizio il concetto sarà estremamente vago e confuso; successivamente, se lo studio proseguirà, si arriverà a una comprensione sempre più approfondita. Personalmente ritengo che, vista l’importanza dell’energia nel mondo moderno, non si possa ammettere che uno studente di qualsiasi livello non abbia qualche informazione al riguardo, a cominciare dalla scuola elementare.

Da un punto di vista didattico, oltre alle varie questioni relative a calore e temperatura, è necessario prestare una grande attenzione alla distinzione fra le due funzioni di stato che di norma vengono introdotte: energia interna E ed **entalpia H**. Al riguardo, infatti, una certa faciloneria di proposta genera spesso una notevole confusione. È opportuno partire con definizioni chiare:

- Si parla spesso di  $\Delta H$  di un processo (reazione chimica o altro) dicendo che esso corrisponde al calore sviluppato in quel processo. L’affermazione è vera solo se gli stati iniziale e finale sono alla stessa pressione e alla stessa temperatura.

- Se, negli stati iniziale e finale, sono invece uguali il volume e la temperatura, il calore sviluppato corrisponde al  $\Delta E$ .

- Non si fanno particolari distinzioni se i componenti del sistema sono in fase condensata; fra l’altro, avendo a che fare con fasi condensate, risulta impraticabile la condizione di volume costante. La differenza fra  $\Delta E$  e  $\Delta H$  è in effetti generalmente trascurabile, e il calcolo di detta differenza è spesso possibile in quanto, procedendo a pressione costante,  $\Delta E = \Delta H - P\Delta V$ . Alcuni esempi quantitativi possono avere un’efficacia maggiore di tante parole. Prendiamo ad esempio la fusione di 1 kg di ghiaccio. Per l’entalpia abbiamo  $\Delta H = 3.33 \cdot 10^6$  J; il termine  $P\Delta V$  invece vale (all’incirca)  $10^5$  Pa per la pressione e  $-10^{-4}$  m<sup>3</sup> per il volume: la differenza fra  $\Delta E$  e  $\Delta H$  è quindi di circa 10 J, e si tratta di una differenza totalmente non significativa. Le differenze possono invece essere notevoli se nel processo studiato entrano in gioco componenti in fase gassosa.

## 6. Il secondo principio: dallo studio delle macchine termiche ...

Storicamente, il secondo principio ha origine dallo studio delle macchine termiche. L’invenzione della macchina a vapore pone grossi problemi di economia: come si può migliorare il rendimento utilizzando quindi, a parità di lavoro ottenuto, una minor quantità di combustibile?

L’analisi del funzionamento delle macchine termiche porta a conclusioni di carattere generale; vedremo nel prossimo paragrafo che queste conclusioni hanno sviluppi che investono, fra le altre cose, la direzionalità dei processi e l’equilibrio chimico.

Anche lo studio delle macchine termiche ha però un suo interesse, e ad esso ci dedicheremo brevemente. Vediamo i punti essenziali.

- Una macchina deve funzionare indefinitamente e non può quindi subire modifiche irreversibili; in altri termini il funzionamento delle macchine deve seguire un andamento ciclico, che riporta a intervalli regolari al punto di partenza.

- Il calore che la macchina preleva non può essere interamente convertito in lavoro meccanico: il funzionamento ciclico richiede infatti che una parte del calore venga trasferito a un’altra sorgente, a temperatura più bassa, di quella da cui abbiamo prelevato.

Questo secondo punto può essere facilmente verificato. Se infatti schematizziamo la nostra macchina con un meccanismo

cilindro – pistone contenente un gas perfetto, uno schema di funzionamento possibile è il seguente:

a) Fase di espansione isoterma. A contatto con un termostato a temperatura  $T_2$ , il gas si espande contro una pressione  $P_{est} < P_{int}$  dal volume  $V_1$  al volume  $V_2$  (al limite le due pressioni possono differire per infinitesimi). Il lavoro sarà dato da  $W = -\int_{V_1}^{V_2} P_{est} dV$ . Dal momento che la temperatura resta costante,  $\Delta E = 0$  (E, per un gas perfetto, dipende solo da T), e  $Q = -W$ . Il calore, in questa fase, è stato integralmente trasformato in lavoro.

b) Se abbiamo esclusivamente una sorgente di calore (il termostato a temperatura  $T_2$ ), occorre a questo punto tornare indietro fino al punto di partenza. Abbiamo allora trasformazione di lavoro in calore, e nella migliore delle ipotesi il ciclo si conclude con un nulla di fatto; altrimenti abbiamo una trasformazione netta di lavoro in calore, e non viceversa (5). E' necessario quindi cambiare temperatura.

c) È ciò che Carnot fa, nel suo ciclo, con l'espansione adiabatica che diminuisce la temperatura da  $T_2$  a  $T_1$ . Perché proprio una trasformazione adiabatica? Perché in questo modo, nel computo dell'energia spesa, non c'è passaggio di calore durante la fase di cambiamento di temperatura; questo dato rende i calcoli nettamente più semplici.

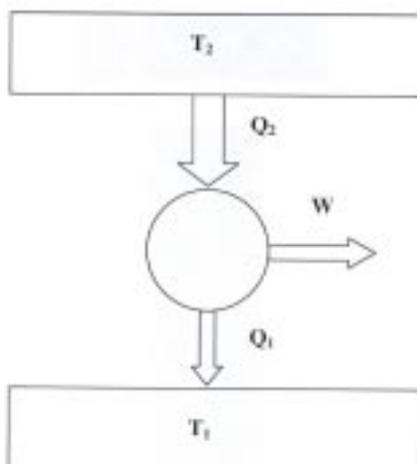
d) A questo punto si opera la compressione isoterma: abbiamo un lavoro positivo che si sottrae a quello negativo dell'espansione.

e) Il ciclo si chiude tornando al punto di partenza con una compressione adiabatica.

In conclusione, solo disponendo di due sorgenti a diversa temperatura è possibile avere una trasformazione di calore in lavoro meccanico da parte di una macchina ciclica; una parte del calore speso deve però essere trasferita alla sorgente a temperatura più bassa e viene quindi perduta.

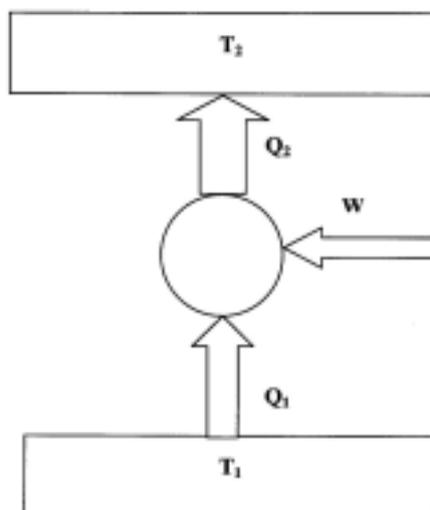
Tutto questo può contribuire alla comprensione dell'enunciato di Kelvin (attenzione, non costituisce una dimostrazione: i principi non si dimostrano!). Quanto all'enunciato di Clausius, esso risulta maggiormente intuitivo: senza interventi esterni, costituiti in pratica da una spesa di energia, non è possibile avere attraverso una macchina ciclica trasferimento di calore da un corpo più freddo a una più caldo.

Un lavoro didattico particolarmente approfondito può produrre sviluppi molto interessanti. Facciamo riferimento alla relazione di Carnot riguardante il rendimento limite di una macchina termica:  $\eta = (T_2 - T_1) / T_2$ , dove  $T_2$  e  $T_1$  sono le temperature rispettivamente della sorgente calda e del refrigerante. Questo rendimento è relativo a una macchina che funziona secondo il notissimo schema, riportato in fig. 1.



**Fig. 1 - Macchina termica**

Il rendimento, anche in termini intuitivi, è dato dal rapporto fra “ciò che si ottiene” e “ciò che si spende”: si ottiene W, si spende  $Q_2$  (6). È interessante vedere che cosa succede quando la macchina termica viene fatta funzionare “alla rovescia”, ovvero fornendole energia in modo da avere come risultato il trasferimento di calore da una sorgente più fredda a una più calda (fig. 2)



**Fig. 2 - Pompa di calore**

Per quali scopi? Non c'è che l'imbarazzo della scelta:

a) Possiamo voler raffreddare un ambiente chiuso, riversando il calore nell'ambiente esterno, più caldo: abbiamo il frigorifero o il condizionatore;

b) Possiamo voler scaldare un ambiente a temperatura superiore a quella del luogo da cui preleviamo il calore (ad esempio: riscaldamento di un appartamento prelevando il calore dall'ambiente esterno): abbiamo quell'economica e relativamente nuova apparecchiatura che prende il nome di pompa di calore.

Qual è il rendimento "economico", in questo ultimo caso? E' evidente: si spende  $W$ , si ottiene  $Q_2$ ; quindi  $\eta = -Q_2/W$  (il calore  $Q_2$  "esce" dalla macchina, quindi è negativo). Come rendimento limite abbiamo quindi  $\eta = T_2/(T_2 - T_1)$ . Se la differenza  $(T_2 - T_1)$  è piccola, il rendimento effettivo può diventare molto grande (anche 5 o più).

Ultima nota didattica. Gli schemi delle figg. 1 e 2 sono chiari, ma anche un po' troppo formalizzati: è estremamente opportuno riferirli a qualcosa di reale.

Per lo schema 1 possiamo rifarci a una macchina a vapore o a un motore a scoppio, chiarendo però che in quest'ultimo caso rispetto a una macchina di Carnot ci sono differenze ben più sostanziali del funzionamento che non rispetta la clausola di reversibilità. Infatti per prima cosa abbiamo un sistema aperto (entra il carburante, escono i gas di scarico); inoltre si tratta di un motore a combustione interna. In ogni caso in genere i motori suscitano un certo interesse, per cui vale la pena di tentare.

Per lo schema 2 l'apparecchiatura ideale è il frigorifero, con i seguenti passaggi:

- Compressione ( $W$ ) del gas refrigerante che si riscalda sensibilmente;
- Passaggio del gas nella serpentina all'esterno del frigorifero e suo raffreddamento ( $Q_2$ );
- Espansione del gas che si raffredda fortemente ed entra nel frigorifero;
- Passaggio del gas nel frigorifero, dal quale preleva calore ( $Q_1$ );
- Uscita del gas dal frigorifero e ripresa del ciclo.

Un'utile trattazione può essere trovata nel testo indicato al rif. 5.

## 7. ... alla direzionalità dei processi e alle condizioni di equilibrio.

Dal punto di vista della didattica per la scuola secondaria il problema è grosso, in quanto manca la possibilità di stabilire i dovuti collegamenti con la dovuta chiarezza. Qualcosa, comunque, può e deve essere fatto.

Il problema principale sta nell'introduzione della grandezza **entropia**. La definizione più gettonata è collegata con una non meglio precisata "misura del disordine". Questa definizione è evidentemente basata su questioni di termodinamica statistica, ma possiamo osservare che la termodinamica statistica permette un'altra definizione assai meglio fondata e, soprattutto, abbastanza comprensibile: quella dovuta a Boltzmann

$$S = k \ln \Omega$$

dove  $\Omega$  rappresenta il numero di configurazioni possibili per il sistema, ovvero il numero di microstati compatibili con lo stato macroscopico in esame, e  $k$  è la costante di Boltzmann..

Come entra il secondo principio della termodinamica nella questione della direzionalità dei processi? Lo si può vedere attraverso passaggi successivi.

Prima di tutto, gli stessi enunciati danno alcune indicazioni al riguardo: ci dicono, ad esempio, che il calore non passa spontaneamente da un corpo più freddo a uno più caldo, e che quando si ottiene lavoro meccanico partendo da calore occorre trasferire una parte del calore prelevato a una sorgente a temperatura più bassa di quella di partenza.

I passaggi che permettono di generalizzare i risultati diretti della termodinamica (e in particolare quelli che derivano dallo studio della macchina di Carnot) sono però, anche se non eccessivamente difficili, troppo formali per essere proposti ad allievi di scuola secondaria. Accontentiamoci quindi di dire che, in base a dati termodinamici, è possibile prevedere quale potrà essere l'evoluzione di un sistema.

Occorre fare attenzione a diversi punti; se ne sottolineano in particolare due:

a) I dati termodinamici permettono di stabilire quale sarà lo stato di equilibrio di un sistema, ma non danno alcuna informazione di tipo cinetico. Può darsi benissimo che un sistema sia termodinamicamente instabile, ma cinematicamente stabilissimo: sappiamo ad esempio che il diamante non è la forma stabile del carbonio a temperatura e pressione ambiente, ma i possessori di diamanti possono dormire sonni "cineticamente" tranquilli.

b) Non è vero in assoluto che l'energia libera di Gibbs ( $G = E + PV - TS$ ) sia la funzione che governa il raggiungimento dell'equilibrio: lo è solo in condizioni di  $T$  e  $P$  costanti. Se le condizioni sono diverse, altre grandezze governano l'equilibrio: a  $T$  e  $V$  costanti abbiamo l'energia libera di Helmholtz ( $A = E - TS$ ), in un sistema isolato abbiamo la pura e semplice entropia.

## 8. Aspetti energetici delle reazioni chimiche

A questo punto è opportuno procedere all'analisi degli aspetti energetici di alcuni fenomeni chimici, tenendo presenti, oltre agli aspetti strettamente disciplinari e didattici, anche quelli sociali. Lo scopo è quello di dare ai futuri insegnanti un'informazione abbastanza esauriente al riguardo, suggerendo fra l'altro alcuni possibili sviluppi utili come approfondimento in un curriculum per la scuola secondaria superiore.

Un certo tipo di deformazione mentale prodotto dalla normale comunicazione identifica completamente con le combustioni i processi chimici in grado di produrre energia. Dobbiamo far capire che questa visione è abbastanza riduttiva, suggerendo strade possibili per completarla.

Il problema dell'energia è uno di quelli che più si collocano in posizione trasversale non solo a tutta l'area scientifica, ma anche ad aree concettuali diverse. A costo di cadere nel banale, è il caso di sottolineare come una buona parte dell'economia

moderna sia legata al costo dei combustibili e quindi della produzione di energia.

Abbiamo evidentemente due problemi diversi:

- occorre prima di tutto cercare di capire che cosa è l'energia;
- occorre poi identificare le relazioni fra energia e trasformazioni chimiche.

Il primo problema è praticamente irrisolvibile. Per riportare un parere altamente qualificato, afferma il fisico R. P. Feynman: "E' importante capire che nella fisica attuale non abbiamo conoscenza di cosa l'energia sia effettivamente"(7). In altri termini, si parla di questa grandezza, se ne classificano tipi diversi, si enunciano principi di conservazione, ma il concetto in sé non può essere definito. La presentazione "multiforme" dell'energia (cinetica, potenziale gravitazionale, potenziale elastica, elettrica ...) esclude la definizione operativa del tipo "l'energia è la grandezza che si misura con lo strumento X"

Come possiamo caratterizzare l'energia? *Entro certi limiti*, possiamo dire che l'energia che un corpo possiede è legata alla sua capacità di compiere lavoro. Con l'energia meccanica, il principio di conservazione viene applicato in modo lampante:

- Se diamo una spinta a un corpo, che si mette in movimento (moto rettilineo uniforme dopo la spinta), eseguiamo del lavoro su di esso. Questo lavoro serve per conferirgli energia cinetica; tenendo ben presente quanto detto precedentemente a proposito del linguaggio, possiamo affermare che il lavoro fatto sul corpo si è "trasformato" in energia cinetica.

- Se il corpo in movimento viene fermato, farà a sua volta del lavoro sull'ente che lo ferma; questo lavoro, trascurando le perdite, sarà uguale al lavoro fatto per metterlo in movimento.

- La stessa cosa può essere detta per il sollevamento di un corpo nel campo gravitazionale o per la deformazione di un corpo elastico (energia potenziale): in entrambi i casi il lavoro fatto nel primo passaggio (lavoro ? energia potenziale) può essere recuperato nel secondo passaggio (energia potenziale ? lavoro).

- Tutto cade, evidentemente, se il corpo in movimento si ferma per effetto di attriti o di "perdite" energetiche varie: l'energia cinetica viene irrimediabilmente perduta, e non c'è modo di tornare allo stato di partenza.

Il lavoro può anche essere fatto da un campo di forze; è quanto si vede già benissimo nel caso dell'energia potenziale gravitazionale. Infatti, se per il sollevamento del corpo occorre compiere un lavoro contro il campo gravitazionale, nella seconda fase (caduta del corpo che acquista energia cinetica) è il campo gravitazionale che *restituisce* il lavoro fatto su di esso.

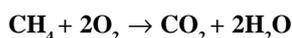
Questa premessa serve per chiarire il significato dell'usatissima (e abusata) locuzione "energia chimica". Supponiamo, per semplicità, di avere una molecola biatomica isolata. Per allontanare gli atomi l'uno dall'altro occorre compiere un lavoro contro le forze che li tengono uniti; l'ammontare di questo lavoro costituisce l'energia di legame. Se abbiamo i due atomi separati, essi tenderanno a unirsi, e il lavoro che su di essi viene fatto dalle forze attrattive è uguale proprio all'energia di legame.

Facciamo bene attenzione al bilancio: per rompere il legame occorre fornire energia, mentre dalla formazione del legame si ottiene energia. Sotto che forma si ottiene questa energia? Se, partendo dallo stato di atomi separati, si arrivasse alla formazione della molecola senza alcuna perdita di energia meccanica (in altri termini, se si avesse un urto elastico), la nostra molecola si andrebbe a trovare in uno stato non stabile: i due atomi dovrebbero prima avvicinarsi e successivamente "rimbalzare" tornando da dove sono partiti. Nella realtà però le cose non vanno in questo modo: la molecola che si forma non è isolata, e attraverso gli urti trasferisce l'energia che acquista alle altre molecole presenti. Sotto che forma la trasferisce? Principalmente sotto forma di energia cinetica; si ha quindi un aumento di temperatura. Ed ecco in definitiva che l'effetto della formazione del legame si traduce in genere in una produzione di calore.

In una reazione chimica possiamo avere rottura di legami e formazione di legami nuovi. Abbiamo quindi un bilancio energetico totale: se l'energia richiesta per rompere i legami è superiore a quella che si ricava dalla formazione dei nuovi, la reazione è endotermica; in caso contrario è esotermica. Nota: Un errore abbastanza diffuso consiste nel confondere il risultato del bilancio energetico con la spontaneità della reazione. Occorre invece tener sempre presente che sulla spontaneità o meno di una reazione influiscono non solo fattori energetici, ma anche fattori statistici, correlati con l'entropia: quindi una reazione esotermica può non essere spontanea, mentre può esserlo una reazione endotermica.

Il punto su cui deve essere fissata l'attenzione è proprio questo: il bilancio energetico dipende da tutti i reagenti e tutti i prodotti, e non solo da alcuni di essi. Da notare quindi che l'energia chimica è una sorta di energia potenziale, che diventa evidente solo con la reazione chimica, quando viene trasformata in energia di altro tipo.

In base a queste osservazioni possiamo sottolineare come sia sostanzialmente errata l'immagine mentale del combustibile che "contiene energia chimica". Vediamo infatti una reazione semplicissima, la combustione del metano:



Da cosa deriva il calore prodotto? È presto detto, deriva principalmente dal seguente bilancio:

componente endotermica: rottura di 4 legami C-H, rottura di 2 legami O-O;

componente esotermica: formazione di 2 legami C-O, formazione di 4 legami O-H.

In altri termini, anche se il combustibile è il metano, l'energia chimica che si ricava non è "contenuta" nel metano, ma è il risultato del bilancio che si ha fra le energie di legame complessive di tutti i reagenti e tutti i prodotti.

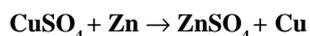
Nota. Sulla nomenclatura (combustibile e comburente) sarebbe necessario un minimo di approfondimento. Gli allievi dovrebbero aver chiaro il fatto che la distinzione è dovuta al fatto che uno dei reagenti, l'ossigeno, è presente in grande quantitativo nell'aria e in più è comune a moltissime reazioni diverse; d'altra parte dovrebbero aver anche chiaro che ossigeno e combustibile sono entrambi reagenti a tutti gli effetti.

È chiaro che, da un punto di vista tecnico, è proprio il metano che interessa, in quanto l'ossigeno è sempre a disposizione; è anche corretto dire che il  $\Delta H$  di combustione del metano è -890 kJ/mol, ma non è corretto dire che questo calore è contenuto nel metano.

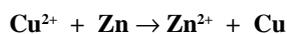
Potrebbe sembrare che in questo schema rientrino tutte le reazioni chimiche, ma non è così: per le reazioni che prevedono

Speciale: la chimica nelle SSIS

scambi di carica fra specie ioniche le cose sono alquanto più complicate. Prendiamo, ad esempio, la tipica reazione



Questa reazione, che avviene in fase eterogenea (zinc immerso in una soluzione di solfato di rame), non è in questo modo ben descritta, in quanto le specie chimiche che troviamo in soluzione sono tutte ioniche; è decisamente più pertinente la rappresentazione seguente:



Questa rappresentazione tiene conto del fatto che gli ioni  $\text{SO}_4^{2-}$  non partecipano alla reazione, in quanto li troviamo immutati all'inizio e alla fine. È a questo punto facile rendersi conto del fatto che in questa reazione una parte del contributo energetico è data dal bilancio fra la scissione dei legami nello zinco metallico e la formazione dei legami nel rame metallico, ma che una parte non insignificante è dovuta ai trasferimenti di carica elettrica fra le specie chimiche che cambiano il loro stato di ossidazione.

## 9. Energia chimica e primo principio della termodinamica

Il lavoro possibile su questo aspetto non dovrebbe esaurirsi con la termochimica: ci sono alcuni aspetti che possono costituire la base sulla quale appoggiare la costruzione di un certo interesse da parte degli allievi. Uno di questi aspetti è costituito dalle quantità in gioco; per quanto riguarda la mia personale esperienza, gli allievi SSIS non hanno adeguate conoscenze al riguardo. La proposta iniziale è assai semplice: si tratta di calcolare la quantità di energia prodotta dalla combustione di 1 kg di benzina e di tradurre questa quantità in termini meccanici.

La combustione di 1 kg di benzina produce circa 30000 kJ (si ragiona solo per ordini di grandezza). Prima annotazione: per un lavoro ben condotto occorre lasciar perdere le calorie, che nessun allievo interpreta autonomamente in termini di energia meccanica.

Anche se non abbiamo ancora introdotto il Secondo principio, dobbiamo far presente che su detto numero bisogna fare una robustissima cresta; un'ipotesi plausibile dice che in energia meccanica possono essere convertiti 10000 kJ. E a questo punto deve essere affrontato il passaggio più interessante. In termini di energia cinetica, si tratta dell'energia di una massa di 2000 kg lanciata alla velocità di 100 m/s (ovvero 360 km/h). In termini di energia potenziale, visto che nel campo gravitazionale l'energia di 1 J è l'energia potenziale della massa di circa 0.1 kg sollevata di 1 m, abbiamo la possibilità di sollevare la massa di 1000 kg all'altezza di 1 km. Niente male.

Si tratta di risultati inaspettati? Niente affatto. Per il primo disponiamo di un dato parziale: un'auto di buona potenza, di peso stimabile in 700 – 800 kg, può raggiungere in pochi secondi una velocità di 100 km/h, e il consumo per ottenere questo risultato è certamente assai inferiore a 1 kg di benzina. Per il secondo possiamo andare più avanti: è infatti ben noto che un'automobile media può, su una strada di montagna, salire di 1000 m di quota con un consumo di circa 1 kg di benzina.

Sono quindi dati a disposizione di tutti, che però negli allievi SSIS destano una notevole sorpresa. Quali le cause di questa sorpresa?

All'insegnamento nella classe A060 non accedono i laureati in fisica, che sono gli unici fra i quali si può pescare qualcuno che abbia qualche vaga idea dell'entità, in termini di energia meccanica, di 1 J. I laureati in altre discipline scientifiche sanno dire grosso modo che cosa è il Joule, ma non ne hanno alcuna idea di tipo quantitativo. Fra l'altro è da sottolineare la forte confusione che viene spesso fatta fra i concetti di energia e di potenza, problema riguardo al quale un buon insegnante di scienze dovrebbe avere la massima dimestichezza. In ogni caso, manca quasi sempre la capacità di collegare il risultato "scientifico" ad aspetti della vita normale.

Nella valutazione del potere energetico dei combustibili si possono ottenere risultati assai interessanti; fra tutti vorrei citare l'energia che si ottiene dalla combustione controllata della frazione di rifiuti costituita da materie plastiche e carta (termovalorizzazione).

## 10. Energia chimica e secondo principio della termodinamica

Uno dei principi fondamentali della scienza è quello di conservazione dell'energia; è un principio che, agli occhi dei non addetti ai lavori (e gli allievi delle scuole preuniversitarie devono essere considerati dei non addetti) può apparire strano in quanto l'energia manifesta una forte tendenza a disperdersi.

La dispersione ha luogo in generale sotto forma di calore; dal secondo principio della termodinamica sappiamo che non è possibile convertire calore in lavoro se non cedendone una parte più o meno consistente (e della quale è fissato il livello minimo) a una sorgente a temperatura più bassa di quella di partenza.

La produzione chimica di energia passa molto frequentemente attraverso la forma di calore e deve, di conseguenza, pagare il biglietto al secondo principio; questo biglietto è in genere piuttosto pesante, intorno al 70% dell'energia in gioco, e può essere all'origine di sprechi molto vistosi. Nota. Un punto dovrebbe essere chiarito, almeno per quanto possibile: dal momento che l'energia non si crea né si distrugge, è improprio parlare di "produzione"; diciamo allora che con questo termine vogliamo indicare la trasformazione di energia in una forma utilizzabile.

Pensiamo, come esempio, a un'azione molto comune, l'attivazione di un sistema elettrico di riscaldamento (stufa o forno), e vediamo tutto il percorso:

190 - All'origine abbiamo la produzione di energia elettrica. Questa produzione può avere varie origini, delle quali una delle principali è quella termica (centrali termoelettriche). In questo caso l'energia elettrica è prodotta da alternatori azionati da motori termici, che utilizzano combustibili di vario tipo.

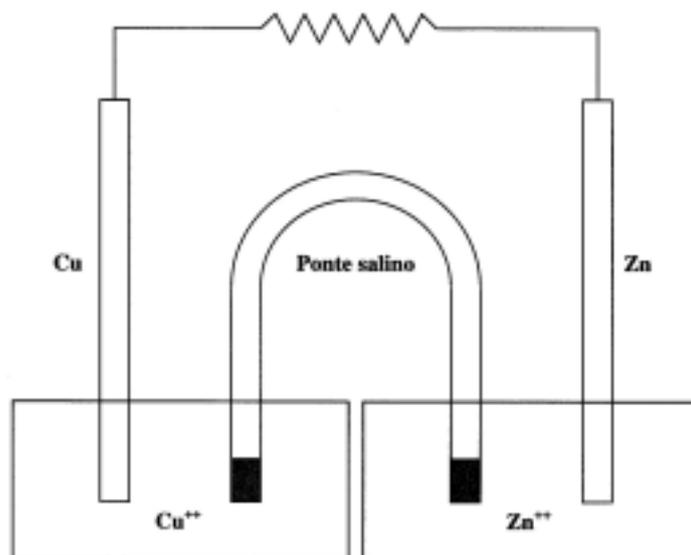
- Nel motore termico abbiamo una tipica trasformazione di calore in lavoro meccanico; il rendimento è quindi basso.
- Nei passaggi che seguono (energia meccanica  $\rightarrow$  energia elettrica; trasporto a distanza dell'energia elettrica; utilizzo dell'energia elettrica e conseguente sua trasformazione in calore) le perdite possono essere molto limitate.
- Sta di fatto, comunque, che all'utilizzo si ottiene una quantità  $X$  di calore avendo consumato all'origine, sempre sotto forma di calore, una quantità di energia valutabile in  $2X - 3X$ .

In definitiva:

- Quando si tratta di raggiungere temperature elevate (forni), la strada più economica è data dall'uso diretto del combustibile;
- Quando invece le temperature richieste sono moderate (un locale di abitazione), la forma più efficiente è la pompa di calore della quale abbiamo parlato in precedenza. Infatti, a fronte di un rendimento alla fonte di  $0.4 - 0.5$  abbiamo un rendimento all'utilizzo (realistico) di  $3 - 5$ , con un rendimento totale generalmente superiore a  $1$ .

Quanto detto non vale comunque in tutti i casi. Se infatti prendiamo una reazione come quella esaminata in precedenza fra  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Zn}$ , possiamo trovare la strada di farla avvenire senza mescolamento dei reagenti, permettendo lo scambio delle cariche elettriche attraverso conduttori appositi: si tratta di realizzare una pila.

Seguendo lo schema in fig. 3 una pila può essere realizzata senza particolari difficoltà; vediamo come procedono le cose.



**Fig. 3 - Cella elettrochimica**

A destra abbiamo una soluzione di  $\text{Zn}$  (ad esempio  $\text{ZnSO}_4$ ) nella quale è immersa una lamina di  $\text{Zn}$ , a sinistra una soluzione di  $\text{Cu}^{2+}$  ( $\text{CuSO}_4$ ) nella quale è immersa una lamina di  $\text{Cu}$ . Le due lamine sono collegate attraverso un filo metallico (basta un comune filo di rame), e la chiusura del circuito è assicurata dal ponte salino, costituito da un tubo a U riempito con soluzione di elettrolita, tappato con due tamponcini di cotone che non impediscono il passaggio degli ioni ma rallentano il mescolamento delle soluzioni. Ecco, più o meno, che cosa succede:

- La lamina di  $\text{Zn}$  passa in soluzione sotto forma di ioni  $\text{Zn}^{2+}$ . Ogni atomo di  $\text{Zn}$  lascia quindi due elettroni.
- Nel circuito esterno (il filo metallico) viene quindi a determinarsi un eccesso di carica elettrica negativa; di questo eccesso risente anche la lamina di  $\text{Cu}$ , che acquista quindi una carica negativa.
- Gli ioni  $\text{Cu}^{2+}$  a contatto con la lamina di  $\text{Cu}$  prelevano 2 elettroni (quelli messi a disposizione dal passaggio in soluzione di  $\text{Zn}$ ) e si depositano sotto forma di metallo.
- L'accumulo di carica nelle soluzioni è evitato dal trasferimento di carica attraverso il ponte salino.

In questo modo l'energia derivante dalla reazione chimica è stata trasformata in energia elettrica; questa energia elettrica può essere convertita in energia meccanica o altro senza subire perdite di particolare entità.

Nota. Attenzione: anche nel caso della pila non si può pensare di utilizzare tutta l'energia derivante dalla reazione. Occorre infatti tener conto anche del passaggio di corrente interno alla pila, passaggio che comporta una certa perdita di energia sotto forma di calore. Se la pila viene usata in modo reversibile, cioè opponendole una tensione appena minore di quella prodotta dalla pila stessa, il calore prodotto all'interno è  $Q_{\text{rev}} = T\Delta S$ . L'energia elettrica utilizzabile viene quindi a essere  $\Delta H - T\Delta S = \Delta G$ .

Come mai allora questo sistema di produrre energia non è fra i più usati? Il problema principale della conversione diretta energia chimica  $\rightarrow$  energia elettrica sta nelle dimensioni degli apparecchi di trasformazione e nella loro scarsa autonomia: è ben noto, ad esempio, che con le tecnologie attuali un'automobile elettrica ha bisogno di una batteria di notevoli dimensioni e, con un "pieno" di carica elettrica, può effettuare un numero abbastanza limitato di chilometri. Fra l'altro, i vantaggi dell'uso delle batterie ricaricabili sono quasi sempre illusori: se l'energia elettrica necessaria per la ricarica della batteria proviene da una centrale termoelettrica, l'unico vantaggio che si può ottenere è quello di spostare la sede del processo inquinante.

## 11. Aspetti sociali della produzione chimica di energia

Nel lavoro didattico devono essere ben evidenziati non solo gli aspetti strettamente scientifici, ma anche quelli sociali. Una delle finalità educative principali dovrebbe essere la consapevolezza della necessità di una domanda generale da applicare in tutte le situazioni particolari:

*La scienza ci mette a disposizione un certo prodotto, un certo procedimento, una certa tecnologia: quali possono esserne, anche a medio e lungo termine, le conseguenze?*

È questa una domanda che solo in tempi molto recenti ha acquisito una certa importanza: in precedenza (e con questa tendenza si arriva tranquillamente quantomeno agli anni '50) una certa cieca fiducia nel progresso faceva sì che progetti di portata gigantesca venissero proposti, e a volte anche realizzati, senza alcun tentativo di controllo delle conseguenze.

La produzione di energia per via chimica rivela una forte sottovalutazione delle conseguenze, sottovalutazione che, coscientemente o incoscientemente, dura tuttora. È utile che gli allievi di una scuola secondaria superiore vengano a conoscenza di alcuni dati particolarmente rilevanti:

- Nel secolo scorso, il diossido di carbonio (anidride carbonica) entrava nella composizione dell'atmosfera in ragione di circa 270 ppm. Al momento attuale il quantitativo si colloca oltre 330 ppm ed è in costante crescita.

- La coincidenza con la rivoluzione industriale può essere fortuita, ma può anche non esserlo. In effetti, a partire dalla fine del XVIII secolo, la macchina a vapore fa sì che i combustibili non servano più solamente per scaldare, ma anche per produrre energia meccanica.

- Passando al famigerato effetto serra, sappiamo che per ora non c'è nulla di sicuro riguardo al collegamento fra questo fenomeno e l'aumento medio di temperatura registrato negli ultimi anni; certo è, però, che il diossido di carbonio assorbe nell'infrarosso (e di conseguenza mantiene il calore irradiato dalla superficie della Terra), mentre non assorbono gli altri gas che costituiscono la maggior parte dell'aria (azoto, ossigeno, argo).

- La quantità atmosferica di diossido di carbonio deriva da un bilancio fra produzione e consumo; in questo bilancio interviene in modo sensibile la produzione derivante dalle combustioni di combustibili fossili. Il consumo di combustibili fossili è accentratissimo soprattutto nei paesi industrializzati, mentre nei paesi in via di sviluppo il consumo è nettamente inferiore. L'uniformazione dei consumi al livello più alto potrebbe portare a un ulteriore forte incremento del contenuto di diossido di carbonio nell'aria. Occorre comunque evitare la faciloneria: troppi sono i fenomeni che intervengono nel bilancio, per cui qualsiasi semplificazione è azzardata.

I dati sopra esposti possono utilmente essere esaminati con gli studenti. È chiaro che le conclusioni possono assumere un carattere piuttosto delicato, vista la loro valenza politica; in ogni caso non dovrebbe essere particolarmente forzata la conclusione riguardo all'insostenibilità dell'attuale modello di sviluppo. In particolare, possiamo sottolineare come sia totalmente inutile continuare ad agitarsi sul problema dell'effetto serra, quando poi si vuol mantenere lo stesso standard di vita e, soprattutto, si vogliono trasferire sui paesi in via di sviluppo tutti i sacrifici (*noi* dobbiamo continuare a bruciare tutti i combustibili che vogliamo, *loro* non devono distruggere le foreste pluviali che producono l'ossigeno)(8).

Riguardo agli aspetti sociali della produzione di energia per via chimica, un aspetto sul quale è opportuno aprire una riflessione è quello della globalizzazione degli effetti: i quantitativi in gioco sono tali che i prodotti delle combustioni possono essere trasferiti, mantenendo una concentrazione apprezzabile, anche a grande distanza. Ecco quindi che, se in una zona industrializzata viene prodotto un certo quantitativo di ossidi di zolfo e di azoto, le piogge acide che ne derivano possono cadere a distanza di centinaia di chilometri, magari dopo aver superato frontiere statali. È il caso di notare che, per l'inquinamento, i controlli doganali non sono efficaci.

## 12. Aspetti didattici e conclusioni

Alcune brevi annotazioni in aggiunta a quanto è già stato detto nei paragrafi precedenti.

- Per prima cosa, gli aspetti energetici dovrebbero essere osservati preventivamente in modo sperimentale. È necessario evidentemente il controllo di alcuni prerequisiti, fra i quali il più importante è senz'altro la conoscenza della natura energetica del calore. Il lavoro sperimentale non dovrebbe essere limitato all'osservazione di una o più reazioni di combustione (reazioni per le quali, fra l'altro, il controllo effettivo comporta grosse difficoltà), ma dovrebbe partire con qualcosa di molto più semplice. Anche se è vero che si vorrebbe parlare di effettive reazioni chimiche, può essere utile iniziare con l'esame di alcuni processi di discioglimento di sostanze in acqua: abbiamo due ottimi esempi rappresentati da soda caustica NaOH e nitrato ammonico  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Per la soda caustica il discioglimento è fortemente esotermico; occorre lavorare con cautela per evitare schizzi di liquido bollente (versare sempre la soda nell'acqua, mai l'acqua sulla soda). Il discioglimento del nitrato ammonico produce invece un vistosissimo raffreddamento: preparando rapidamente in una provetta una soluzione molto concentrata si può arrivare a ottenere il congelamento dell'acqua che condensa sulla parete esterna.

- Il problema dell'energia non dovrebbe essere affrontato separatamente, ma dovrebbe costituire una parte pressoché costante nello studio della chimica (e non solo). In altri termini, gli aspetti energetici dovrebbero essere presi in considerazione tutte le volte che ne capita l'occasione.

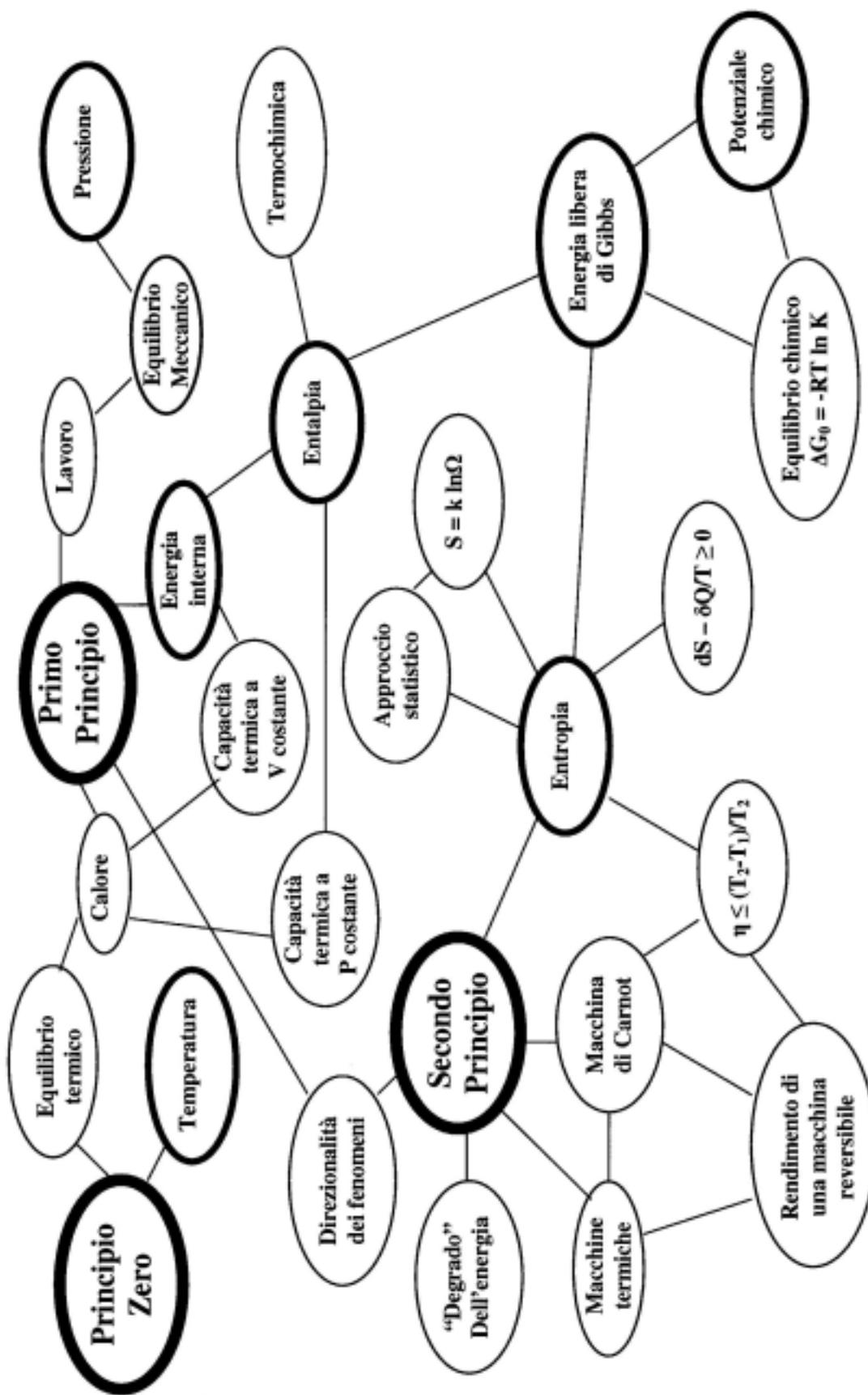
- A livello di scuola secondaria, non occorre stare a scomodare la meccanica quantistica per spiegare la formazione dei legami chimici: da un punto di vista qualitativo sono più che sufficienti le interazioni di natura elettrostatica. Può essere utile far presente che, prendendo come esempio semplice la molecola di idrogeno, l'energia di legame è dovuta al bilancio fra le repulsioni nucleo - nucleo ed elettrone - elettrone e le attrazioni fra nucleo ed elettrone.

- Per un proficuo esame degli aspetti energetici legati ai fenomeni chimici, è opportuno procedere con esempi estremamente concreti. Per quanto possibile, si dovrebbero anche eseguire calcoli quantitativi, anche se fortemente approssimati, per i quali è necessaria la consultazione di tabelle di dati. Un esempio: se l'assorbimento medio di potenza di una lavatrice è di 1 kW e un ciclo completo di lavaggio dura 2 h, quanto metano deve essere bruciato in una centrale termoelettrica, ipotizzando un rendimento del 40%? Ovviamente la risoluzione richiede la ricerca del calore di combustione del metano

Come conclusione, vogliamo sottolineare il fatto che, nei suoi aspetti energetici, la chimica è supportata dalla fisica (e certe questioni fisiche devono essere accuratamente sottolineate); a sua volta diventa però supporto per la biologia, se lo studio di questa disciplina non è limitato agli aspetti puramente naturalistici, ma punta a un minimo di razionalizzazione per quanto riguarda i meccanismi di tutti i processi vitali.

#### Riferimenti bibliografici e note

- 1) Vedi ad esempio C. Duranti, I quesiti di Chimica all'esame di ammissione alla SSIS Toscana a.a. 2002-03 – Riunione Scientifica Sez. Toscana SCI, Siena 20/12/2002, p.55.
- 2) P. Mirone, IV Scuola “Fondamenti metodologici ed epistemologici, storia e didattica della Chimica”, Massa – Carrara 2002-03, in corso di pubblicazione.
- 3) Vedi ad esempio R. Chang, Chimica Fisica, Bologna, Zanichelli 2003, p.9: “Le proprietà i cui valori sono direttamente proporzionali alla quantità di materiale presente nel sistema sono dette proprietà estensive; quelle che non dipendono dalla quantità sono dette proprietà intensive”.
- 4) Ritengo importante insistere sul carattere di “Principio”, non deducibile da altre asserzioni più generali.
- 5) P. W. Atkins – Il secondo principio, Zanichelli, Bologna 1988, p. 29 (il “ciclo di Atkins”).
- 6) Sorgono alcuni problemi legati alle convenzioni sui segni. L'origine sta proprio nel rendimento, inteso come rapporto  $W/Q_2$ , con  $Q_2$  (calore speso) e  $W$  (lavoro ottenuto) considerati entrambi positivi. In questo modo l'enunciato del primo principio era  $\Delta E = Q - W$ : si considerano positivi il calore ricevuto dal sistema e il lavoro fatto dal sistema. Per maggiore coerenza attualmente si guarda tutto dal punto di vista del sistema (diventa positivo il lavoro fatto sul sistema), per cui il primo principio assume la forma  $\Delta E = Q + W$ ; in questo modo il rendimento diventa  $\eta = -W/Q_2$ .
- 7) R. P. Feynmann, R. B. Leighton, M. Sands – Lectures on Physics, Addison Wesley, Reading, Massachusetts (USA) 1966, Vol. 1 p. 4-2.
- 8) Fra l'altro, c'è da osservare che le foreste pluviali non producono ossigeno. La produzione di ossigeno è infatti legata a un aumento di biomassa vegetale; in una foresta pluviale (foresta *matura*) questo aumento è evidentemente nullo. Un semplice bilancio di materia spiega anche le ragioni di questa non produzione: l'ossigeno che viene prodotto dalle piante in crescita è consumato, all'interno della stessa foresta, dagli organismi consumatori, e soprattutto dai decompositori che decompongono i vegetali morti. Sono personalmente dell'opinione che, con tante ragioni corrette che dicono di salvare le foreste pluviali (soprattutto l'effetto climatico e la presenza di numerosissime specie viventi), è perfettamente inutile andare a cercarne una che corretta non è.



Esempio di rete concettuale per i concetti della Termodinamica