

I miscugli e le sostanze

GIUSEPPE SCIOLLA*

MARIA ANIELLA SPEZZIGA**

Riassunto

Viene proposto un percorso didattico per l'introduzione dei concetti di miscuglio e sostanza nei corsi di chimica del biennio delle scuole superiori. L'impostazione, alternativa a quella che parte dalle definizioni operative, nasce dalla riflessione sulle conoscenze iniziali degli studenti e sulle difficoltà di apprendimento ad esse collegate.

Abstract

In this paper the authors suggest a teaching activity introducing the concept of mixture and substance for the students in the first two years of secondary school. The general lines consider the students previous knowledge about "the mixture" and "substance" in order to detect the reasons for their learning difficulties and then to take an alternative approach which does not begin with the operative definitions based on the methods of separation.

1. Premessa

I miscugli e le sostanze sono di solito insegnati a partire dalle loro definizioni operative, basate sui metodi meccanici e fisici di separazione [1]. Tuttavia nella nostra esperienza didattica questa impostazione si è rivelata poco soddisfacente. Infatti, come verificato dai questionari di fine anno, l'argomento è risultato di difficile comprensione ed il relativo livello di apprendimento deludente.

Mirone [2] ha proposto di differenziare i concetti di miscuglio e di sostanza su base "linguistica", cioè sulla considerazione che il nome delle sostanze è usato sempre al singolare mentre quello dei miscugli è usato sia al singolare sia al plurale. Questa impostazione è didatticamente attraente ma, dato che essa rimanda a un momento successivo la comprensione della definizione operativa, è a nostro parere utilizzabile solo come rinforzo di una concettualizzazione già almeno parzialmente acquisita.

Con questo lavoro abbiamo preso in considerazione le concezioni iniziali degli alunni per individuare meglio i motivi delle loro difficoltà di apprendimento e per tracciare, di conseguenza, un possibile percorso alternativo di costruzione dei concetti di miscuglio e sostanza.

2. Miscugli e sostanze secondo i nostri alunni

Le conoscenze iniziali degli studenti di prima superiore sono state ricavate: da un questionario di ingresso e dalla

sua discussione; da un'indagine sull'attività pratica e di laboratorio nella scuola media; dall'esecuzione e discussione di alcune prove di mescolamento.

Il questionario comprendeva le seguenti tre domande aperte:

- Descrivi, facendo anche alcuni esempi, che cosa è, secondo te, un miscuglio
- Descrivi, facendo anche alcuni esempi, che cosa, secondo te, **non** è un miscuglio.
- Descrivi in che modo, secondo te, è possibile distinguere un miscuglio da un non-miscuglio

Le risposte sono state classificate in base alle concezioni iniziali di miscuglio e sostanza possedute dagli alunni.

a) Miscuglio è ciò che si ottiene per mescolamento (ad opera dell'uomo) di materiali naturali che non sono visti, in genere, come miscugli. L'attività di "manipolazione" delle materie prime da parte dell'uomo viene interpretata come "mescolamento" e non come separazione di miscugli.

i) Un non miscuglio è per esempio un materiale chimico trovato in natura, che non ha bisogno di modificazioni o raffinazioni. [...] I miscugli dai non miscugli si distinguono perché in un miscuglio vengono utilizzati diversi materiali, mentre **in un non miscuglio l'uomo non deve intervenire per modificare le sostanze trovate in natura.** (Antonio)

ii) Non sono miscugli quelle sostanze che sono complete così come sono, senza bisogno di trasformazioni per renderle migliori. (Gabriele)

iii) Per me un miscuglio è un composto di vari elementi diversi tra loro, del tipo: la miscela è un miscuglio di benzina e olio. Per me è un non miscuglio **qualcosa di semplice e naturale.** (Daniel)

iv) Secondo me, un miscuglio è una sostanza liquida secondaria formata da liquidi primari, ad esempio la miscela che è formata da benzina super e olio. Non è un miscuglio ciò che è un liquido primario come l'acqua. (Enrico)

v) Un miscuglio sono tante sostanze mischiate tra di loro. Un non miscuglio è una sostanza che non viene mischiata con altre sostanze. (Mario)

vi) Un miscuglio per me è l'unione di varie sostanze, come formare sostanze come insetticidi, pesticidi, o vedere la reazione dell'azoto a contatto con l'anidride carbonica. Per me si può definire un non miscuglio, una sostanza, una forza proveniente dalla natura, **una cosa naturale,** senza uso degli scienziati. (Danilo)

vii) Non so se la parola miscuglio abbia un termine specifico ma penso che siano degli elementi, dei composti, delle cose mischiate tra loro. Un non miscuglio sono delle sostanze, delle **materie prime** che rimangono come sono, non subiscono miscugli con altre sostanze. (Luca)

viii) Non è un miscuglio **ciò che l'uomo non ha osato elaborare** come ad esempio **la natura** in parte. [...] Riconosco un miscuglio da un non miscuglio facendo riferimento alla natu-

* Istituto Statale di Istruzione Superiore "F. Brunelleschi" - Tecnico per Geometri e Nautico - Oristano. g.sciolla@tiscali.it

** Istituto Tecnico per Geometri. "P.L. Nervi" Cagliari, sede staccata di Selargius (CA) fisaia@tiscali.it

ra capendo se una cosa è stata lasciata all'origine della sua esistenza o se ha subito cambiamenti lievi o radicali. (Fabio)

ix) Un miscuglio può essere molte cose, ma in generale un insieme, una massa di cose: come oggetti, persone, ecc. Inoltre il miscuglio può essere un'unione di materie, per esempio, facendo un semplice paragone: il frullato è sempre un miscuglio di cose, in questo caso di frutta. Un miscuglio non può essere considerato tale quando le cose vengono prese in esame singolarmente. Un "non miscuglio" può essere tutto basta che sia solo, unico; quindi il "non miscuglio" è una cosa separata dalle altre. Un miscuglio si può riconoscere da un non miscuglio quando le cose sono prese d'esame singolarmente. Quindi si possono distinguere osservando come sono messe le cose. Per esempio un frullato si distingue da una frutta sola, perché un frullato è un insieme di cose, mentre la frutta è una cosa singola. (Valentino)

x) Un miscuglio secondo me significa la miscelazione di sostanze liquide o solide. Per esempio, si potrebbe chiamare miscuglio la miscelazione di acqua e menta o qualsiasi altro liquido, però si potrebbe chiamare anche una miscelazione di sostanze gassose, tipo gas, metano e lo iodio. [...] Non è un miscuglio una sostanza come l'acqua perché quest'ultima è sempre stata originalmente così, in effetti, può darsi che mi sbagli, non ho mai sentito dire che l'acqua è una miscelazione tra due o più cose, certo è che se l'acqua è inquinata non si può dire che non è un miscuglio, però non solo l'acqua non è un miscuglio ma anche tantissime altre sostanze liquide o solide che siano. (Serenella)

xi) Per me un miscuglio è un insieme di sostanze cioè l'assemblaggio di due o più prodotti, come ad esempio lo è la benzina perché in realtà il suo prodotto primo è il petrolio con altri prodotti viene fuori la benzina. [...] Non miscugli sono dei prodotti singoli non mescolati tra di loro come ad esempio (non ne sono sicuro) l'oro e l'argento. (Paolo)

xii) Per me un miscuglio è mischiare una sostanza con un'altra come per esempio mettere dell'acqua e aggiungervi dello zucchero e così non sarebbe più acqua ma un miscuglio. Non è un miscuglio la sostanza che rimane invariata e cioè che non le viene aggiunto nessun componente come può essere l'olio al suo stato puro. (Mara)

xiii) Un miscuglio è un insieme di materie che vengono "mischiate" per far sì che nasca una cosa unica. Non è un miscuglio una **materia prima**, cioè che non è creata da un insieme di materie prime, unica. Riconosco un non miscuglio se fatto solo da una sola materia, è un miscuglio se fatto da un insieme di materie sempre prime o miste! (Federica)

b) Miscuglio viene solitamente inteso come miscuglio omogeneo (le parti si mescolano per formare un miscuglio). In qualche caso più raro, miscuglio è inteso come miscuglio eterogeneo (è un miscuglio perché si vedono materiali diversi mescolati). Quasi mai con miscuglio si comprendono sia i miscugli omogenei sia quelli eterogenei.

i) Per me un miscuglio si distingue da un non miscuglio perché un miscuglio secondo me è una cosa liquida, mentre il non miscuglio è un composto solido, che si può toccare senza paure che ti si sgretoli in mano. (Fabiana)

ii) Per me un miscuglio è un unimento di due cose, ad esempio il ferro con il rame, l'oro con il bronzo, il piombo con l'argento, ecc...Tutte queste cose allo stato liquido. Ci sono anche dei non miscugli, essi sono delle cose che

se le unisci non formano niente, ad esempio, delle calamite con dei pezzetti di ferro, dei pezzetti di ferro con dei pezzetti di rame, ecc. [...] Come ho detto nelle risposte precedenti, i miscugli e i non miscugli sono cose diverse; per esempio, un miscuglio è allo stato liquido, come del ferro sciolto e del piombo sciolto; un non miscuglio è allo stato solido, come il ferro e il legno. (Mauro)

iii) Secondo me, un miscuglio è una sostanza liquida secondaria formata da liquidi primari, ad esempio la miscela che è formata da benzina super e olio. (Enrico)

iv) Per me un miscuglio può essere una combinazione fra due sostanze o liquidi, come ad esempio l'acqua con lo zucchero, oppure la benzina con olio, ecc., insomma mi fa pensare a due liquidi o più che messi insieme formano una cosa sola. Un non miscuglio è un insieme di due o più cose solide messe insieme. (Gabriele)

v) Un miscuglio è l'insieme di due elementi liquidi che versati l'uno nell'altro si mischiano, per esempio l'acqua col vino. Non è un miscuglio, quando due elementi liquidi non si mischiano fra loro. (Manuel)

vi) Un miscuglio per me è l'unirsi di più ingredienti liquidi per ricavarne uno unico. Non è un miscuglio ciò che si trova ordinatamente in delle boccette. (Gianluca)

vii) Un miscuglio è un insieme di piccole cose mischiate tra di loro ad esempio un gruppetto di sabbia e uno di lamine di ferro. Non è un miscuglio quando le cose non si possono mischiare tra di loro come ad esempio un po' di zucchero e lo mettiamo dentro l'acqua vedremo che si scioglie. Riconosco un miscuglio da un non miscuglio dal fatto che si possono mischiare tra loro, però ad esempio il sale non è un miscuglio perché se si mette nell'acqua esso si scioglie mentre invece se mettiamo in un bicchiere d'acqua un po' di sabbia esso non si scioglie questo significa che un miscuglio è quando non si scioglie mentre invece è un non miscuglio quando si scioglie. (Ivan)

viii) Un miscuglio sono tante sostanze diverse dentro un solo contenitore dove ci sono sostanze leggere che galleggiano e altre che invece vanno sul fondo. Per esempio un miscuglio può essere acqua, olio, terra e succo d'arancia dentro un solo bicchiere. È un non miscuglio delle cose che sono pure come l'acqua naturale che non ha nessuna altra sostanza dentro. Un non miscuglio può essere anche l'olio d'oliva. (Eleonora)

ix) Un miscuglio per me è quando per esempio si uniscono l'olio con l'acqua che l'olio va in superficie e l'acqua va in fondo e se li agiti si miscelano e non si riconosce né l'acqua né l'olio. Non è un miscuglio ciò che non è stato mischiato con nessun altro composto o per meglio dire prodotto. (Luca)

c) Per la maggior parte degli alunni, la distinzione tra miscugli e non miscugli coincide con quella tra sistemi omogenei (miscugli perché *ben mischiati*) e sistemi eterogenei (non miscugli perché *non ben mescolati*).

i) Un non miscuglio è composto da due sostanze che a contatto non si mischiano tra loro a formarne una sola, come l'acqua e il petrolio. (Luca)

ii) Per me è un non miscuglio due sostanze che, anche se mescolate assieme, non si fondono in una sola. (Gianluca)

iii) Secondo me è un vero miscuglio la soluzione tra due o più sostanze diverse che incrociandosi ne formano una nuova che avrà come caratteristiche alcuni aspetti di una sostanza e alcuni di un'altra. Un tipico esempio di miscu-

glio è l'acqua e il vino, queste due sostanze appunto ne formeranno un'altra diversa per colore, per gusto. Non è un vero miscuglio quando le due sostanze pur mescolate non riescono a incrociarsi e, pur trovandosi insieme, sono distinte e quindi si notano bene le caratteristiche sia di una che delle altre. Un tipico esempio di non miscuglio sono l'acqua e l'olio che messe in un bicchiere, rimangono una a galla e un'altra sotto. (Tomaso).

iv) Un miscuglio vuol dire mettere in un recipiente, o in una bottiglia, comunque in un contenitore varie sostanze e mischiarle per vedere il risultato ottenuto. Ad esempio si può mischiare l'acqua con il sale, o il latte con il caffè si ottengono sempre dei miscugli. Non è un miscuglio, qualcosa che, anche se qualcuno lo agita o mescola non si mischia, cioè le due sostanze rimangono separate. Può essere un esempio di non miscuglio l'acqua con l'olio che, anche agitandoli, rimangono mischiati per un po' ma poi si riseparano e ritornano come all'inizio. Si può riconoscere un miscuglio da un non miscuglio perché sono due cose diverse: un miscuglio c'è quando due o più sostanze vengono mischiate e diventano un'unica sostanza, un non miscuglio è quando due sostanze che vengono mischiate rimangono separate e non diventano un'unica sostanza, liquido. (Sabrina)

v) Un miscuglio è una qualsiasi mescolanza tra due sostanze per fare un semplice esempio: acqua e zucchero, infatti lo zucchero è solubile nell'acqua e quindi forma una sola sostanza. Non è un miscuglio una qualsiasi cosa in cui che non si può mescolare con altre sostanze come per esempio: acqua e olio infatti l'olio galleggia nell'acqua. Mentre un **non** miscuglio è possibile riconoscerlo ad occhio nudo come l'acqua e l'olio; il miscuglio è difficile da riconoscere a occhio nudo infatti nel caso dell'acqua zuccherata bisognerebbe assaggiarla per capire che è formata da acqua e zucchero, in altri casi c'è bisogno di altri strumenti. (Marcello)

d) Qualche studente associa un miscuglio al disordine e un non miscuglio all'ordine. Questa identificazione consente il riconoscimento dei miscugli dai non miscugli. Qualcuno riconduce la distinzione alla reversibilità (miscuglio) o non reversibilità (non miscuglio) del processo di mescolamento.

i) Il miscuglio potrebbe essere qualcosa che viene inserita a tante altre, però mi potrebbe dare anche un'immagine di caos, o meglio di disordine. Il non miscuglio potrebbe essere una cosa singola o meglio ancora una cosa che rimane chiusa a se stessa e che potrebbe dare l'immagine di ordinato. (Federico)

ii) Secondo me un miscuglio è qualcosa che si è provato a fare con un modo sbagliato, come ad esempio fare qualche cosa come una medicina, mischiare qualche sostanza e un'altra e sbagliare tutto il procedimento, o almeno qualcosa del genere; mentre invece il non miscuglio è fare la stessa cosa, però in modo corretto. Comunque non penso (almeno per adesso) di poter riconoscere un miscuglio da un non miscuglio. (Mattia)

iii) Un miscuglio è un insieme di cose diverse poste tutte insieme. Ad esempio: la carne con le pesche, con la pasta, l'insalata, ecc. metterla tutta insieme questo per me è un miscuglio. Non è un miscuglio quando ogni cosa viene messa in ordine assieme ad altre cose che le assomigliano. Ad esempio: le magliette con le magliette, i pantaloni con i pantaloni, le giacche con le giacche, ecc...È facile

riconoscere un miscuglio perché è disordinato e orribile da vedere, l'altro invece è bello e ordinato da vedere e pulito. (Marco)

iv) Per me può essere un miscuglio del pecorino sardo in una torta, oppure, un bicchiere di vino in uno di coca-cola! Nella chimica invece è un oggetto che è fatto di altre materie. Un non miscuglio per me può essere qualcosa creato da solo, cioè che non ha bisogno di altre sostanze per essere completato. (Cinzia)

v) Secondo me un miscuglio è una sostanza formata da tante altre sostanze che messe insieme formano un miscuglio. Queste sostanze che si formano possono tornare come erano prima. Non è un miscuglio una sostanza formata da altre, che non possono tornare al punto di partenza. (Marco)

e) Concetto implicito di sostanza. Le sostanze sono viste generalmente come materiali naturali, su cui l'uomo non ha operato alcuna trasformazione, nel senso di "manipolazione", o contaminazione. La trasformazione, come si è visto, viene interpretata dalla maggior parte degli alunni, come "ottenimento di miscugli".

(Si vedano al riguardo le risposte a) i; a) ii; a) iii; a) vi; a) viii; a) xiii)

Dalla discussione con gli alunni e dalle attività di laboratorio è emerso inoltre che:

f) La maggior parte degli alunni conosce il modo corretto di separare l'acqua torbida (filtrazione) e l'acqua salata (evaporazione del solvente, distillazione), ma non è in grado di classificare i metodi in meccanici e fisici e di utilizzarli per distinguere i miscugli dai non miscugli.

3. Proposta

Le conoscenze iniziali degli alunni evidenziano due possibili cause delle difficoltà incontrate nella comprensione delle definizioni operative di miscugli e sostanze. La prima causa è che essi non *vedono* nei materiali naturali sistemi da separare, ma entità di partenza da cui si possono ottenere dei miscugli. Essi considerano, cioè, le manipolazioni e le lavorazioni dei materiali naturali come operazioni di mescolamento e non di separazione. La seconda causa è che gli alunni hanno una conoscenza non sistematica delle tecniche di separazione e non sono in grado di apprezzare la loro classificazione in metodi meccanici e metodi fisici.

Si è cercato di superare queste difficoltà sperimentando un percorso che parta da ciò che per gli alunni è più familiare e comprensibile -la preparazione di miscugli-, che introduca i metodi di separazione come processi inversi a quelli di mescolamento e che arrivi, infine, in modo contestuale sia alla classificazione dei metodi di separazione sia alle definizioni operative di miscugli e sostanze. La definizione del concetto fondamentale diventa così punto di arrivo e non di partenza.

Il percorso predisposto prevede:

> La preparazione dei miscugli

Gli alunni, suddivisi in gruppi di 2-3 componenti devono preparare, in laboratorio o a casa, 6 campioni ottenuti agguagliando acqua a zucchero, sale, caffè in polvere, vino, terra, olio e quindi trovare il termine, per loro più appropriato, per indicare ciò che hanno ottenuto nelle singole prove. La necessità di dover utilizzare un termine unico porta gli studenti a proporre il termine **miscuglio**, superando le difficoltà emerse al riguardo nel punto 2 c). La riflessione sul fatto che l'acqua torbida (ottenuta nella

attività proposta) si forma anche in natura in occasione, ad esempio, di temporali, consente di superare agevolmente anche la concezione che i miscugli siano dovuti alla esclusiva azione dell'uomo (punto 2a).

> La definizione dei miscugli

In un momento successivo gli alunni devono stabilire se sia possibile classificare i precedenti campioni in due gruppi in base alla caratteristica ritenuta, da loro, più rilevante. Generalmente la maggior parte degli alunni sceglie di effettuare la classificazione considerando la possibilità o meno di distinguere i materiali di partenza.

Con l'aiuto dell'insegnante si arriva a concettualizzare questa attività con la formulazione delle seguenti tre definizioni:

Un miscuglio è ciò che si può ottenere mescolando due o più "materiali".

Un miscuglio eterogeneo è un miscuglio in cui è possibile riconoscere, almeno in parte, i materiali di partenza.

Un miscuglio omogeneo è un miscuglio in cui non è più possibile distinguere i materiali di partenza.

> L'identificazione dei miscugli

Come si può riconoscere se un dato campione è un miscuglio?

In base alle attività e alle riflessioni svolte nei punti precedenti, che hanno portato alla definizione di miscuglio come risultato del mescolamento, è possibile identificare un miscuglio solo se si è assistito alla preparazione del campione poiché è possibile il confronto tra una situazione iniziale, in cui i materiali sono separati, e quella finale in cui essi sono "mescolati". Invece, non è possibile dall'osservazione del solo campione finale stabilire se esso sia un miscuglio a meno che non si riesca a trovare il modo di "ricreare" la "situazione di partenza". Con questo tipo di ragionamento si è in grado di introdurre il concetto che miscuglio è "qualcosa" che si può separare in due o più materiali, eseguendo un procedimento opposto a quello di mescolamento.

Si può, allora, concordare con gli alunni una seconda definizione di miscuglio:

È un miscuglio ciò che è possibile separare in due o più materiali.

Questa definizione porta gli alunni a *vedere* in modo diverso il mondo che li circonda e ad individuarvi un numero molto maggiore di miscugli. Ad esempio, un paio di forbici con i manici di plastica difficilmente viene visto come miscuglio inteso come mescolamento di più materiali, ma viene riconosciuto come tale in quanto separabile in due o più materiali (acciaio e plastica).

> La separazione dei miscugli

In che modo è possibile separare i miscugli ottenuti?

La risposta è abbastanza immediata per i miscugli eterogenei nei quali sono ancora distinguibili i materiali di partenza. La loro separazione risulta relativamente semplice applicando metodi di separazione noti agli alunni come la filtrazione, separazione manuale, separazione magnetica e così via.

Più complessa è la risposta per i miscugli omogenei, con i quali risultano inefficaci i metodi utilizzati per separare i miscugli eterogenei. Per esempio, filtrando un campione di acqua salata gli alunni possono verificare di persona che non si ha alcuna separazione, fatto per niente scontato per una percentuale significativa di essi.

Esiste un modo per separare i miscugli omogenei?

Poiché la maggior parte degli alunni sa che dall'acqua di mare si può separare il sale (punto 2f) si propone un'ulteriore osservazione in laboratorio. Tre campioni di aspetto identico costituiti rispettivamente da acqua salata, acqua del rubinetto e acqua distillata, vengono riscaldati su una piastra elettrica. L'evaporazione dell'acqua mette in risalto la differenza dei tre campioni, infatti, nel primo caso si ottiene un residuo incoerente di sale marino, nel secondo un residuo nettamente inferiore di sostanze incrostanti e nel terzo non si ottiene alcun residuo. Il procedimento utilizzato consente di riconoscere come miscugli due dei tre campioni utilizzati ma non di recuperare tutti i componenti. A questo punto, quindi, può essere introdotta la separazione mediante distillazione.

> L'identificazione dei "non-miscugli"

Si è visto in precedenza che l'acqua distillata non contiene disciolti materiali solidi perché evapora senza lasciare residuo. Sottoposta a distillazione si ottiene un "materiale" con caratteristiche identiche a quelle del campione di partenza: si tratta evidentemente di un "non-miscuglio". I non-miscugli come l'acqua distillata sono chiamate sostanze. A questo punto l'argomento può essere ripreso in modo più rigoroso introducendo il concetto di sistema, la classificazione dei metodi di separazione e la definizione operativa di sistema eterogeneo, sistema omogeneo e sostanza.

4. Conclusioni

Le difficoltà di apprendimento dei concetti di miscuglio e sostanza, nella nostra esperienza didattica, sono state, almeno in parte, riconducibili alla impostazione formale ed astratta che considera "le definizioni" come punto di partenza e non di arrivo dei percorsi didattici, come già evidenziato per altri concetti chiave della chimica [3][4]. Questa impostazione, strettamente legata alla forma che il libro imprime all'organizzazione e ai metodi di trasmissione dei saperi, entra, infatti, in conflitto con il modo di conoscere dei giovani, abituati a partire dall'immersione piuttosto che dall'astrazione [5].

Più in sintonia con il modo di apprendere degli alunni è un approccio di tipo *costruttivista*, che rivaluti le conoscenze informali provenienti dall'esperienza quotidiana e faciliti la loro elaborazione e trasformazione in una direzione più formale, propria della conoscenza scientifica. In questa prospettiva il laboratorio didattico può essere ripensato come un ambiente finalizzato al passaggio progressivo da osservazioni/manipolazioni caratteristiche della vita di ogni giorno ad attività focalizzate sugli aspetti quantitativi e misurabili, tipiche dell'approccio scientifico.[6]

Note Bibliografiche

- [1] P. Cancellieri, E. Torracca, A. Turchi, *Didattica delle Scienze*, 1984, **113**, 6
- [2] P. Mirone, *Cns - La Chimica nella Scuola*, 1997, **19**, 20
- [3] G. Sciolla, M. Spezziga, *Cns - La Chimica nella Scuola*, 2000, **22**, 17
- [4] C. Fiorentini, E. Roletto, *Cns - La Chimica nella Scuola*, 2000, **22**, 158
- [5] R. Maragliano, *Nuovo manuale di didattica multimediale*, Laterza, Bari 2004, pp. 16-27
- [6] G. Sciolla, *Ritrovare la chimica dentro le cose* (http://comunicazione.uniroma3.it/manualemaragliano/percorsi/Ritrovare_la_chimica_dentro_le_cose.html) in *Percorsi Didattici* dell'estensione di rete di R. Maragliano, *Nuovo manuale di didattica multimediale*, Laterza, Bari 2004 (<http://comunicazione.uniroma3.it/manualemaragliano/>)