



Società Chimica Italiana

## La Chimica nella Scuola





## SOMMARIO

### EDITORIALE

**Spunti per un percorso di didattica ambientale**  
di Luigi Campanella 5

**DALLA COPERTINA** (a cura di Gianmarco Ieluzzi)  
**Il chimico Fritz HABER, lo scienziato dannato**  
**e le sue contraddizioni** 7  
di Pasquale Fetto

### SCUOLA PRIMARIA

**Un percorso di avvio alla chimica a partire dai 6 anni.** 11  
**Avvio al concetto di solubilità – La concentrazione e la saturazione**  
**Parte Quinta.**

### SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO

**Un percorso sul suolo nella scuola secondaria di primo grado.** 25  
di Daniela Basosi, Alice Pistolesi

**Abilità cognitive e creatività nel problem solving** 39  
di Liberato Cardellini, Alex H. Johnstone

### SCUOLA SECONDARIA SUPERIORE (biennio)

**Polarità dell'olio vegetale** 51  
di Giuseppe D'Angelo

**Le dodici pietre: Il Sardonico** 63  
di Pasquale Fetto

**Libri in redazione** 83

**Nessuno è escluso (perché ancora troppe persone rifiutano**  
**la matematica) – Alessandro Cordelli**

**Chimica: la natura delle cose – Marcella Cioffi** 84

**Notizie brevi** 85  
**Zio Tungsteno**



## Spunti per un percorso di didattica ambientale

Sebbene oggi spesso l'attenzione dei ricercatori e dei tecnici dell'ambiente sia spesso concentrata sugli inquinanti organici anche a livello di traccia, storicamente sono stati gli inquinanti inorganici i primi ad essere studiati ed ancora oggi molte delle centraline che controllano l'inquinamento urbano misurano inquinanti inorganici come CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>.

Anche la prima emergenza ambientale da traffico è stata correlata a composti inorganici, in particolare a composti del piombo utilizzati come antidetonanti nella benzina rossa.

Gli inquinanti inorganici oltre all'azione diretta che esercitano sull'ambiente e sulla salute umana, intervengono anche in via indiretta attraverso reazioni fra loro e con altri componenti naturali ed antropici dell'atmosfera interferendo sui bilanci ambientali di specie di grande importanza (radicali, ozono, composti alogenati) nei processi chimici dell'atmosfera, nella conservazione e protezione dell'ambiente, nella produzione di effetti che svolgono un ruolo determinante sulla qualità dell'ambiente e su tutta la vita dell'ecosistema.

Un aspetto altrettanto importante di quello esaminato riguarda l'interazione di questi inquinanti con materiali dei Beni Culturali: la solfatazione dei materiali lapidei, la corrosione dei metalli, l'idrolisi di lignina e cellulosa sono alcuni dei processi legati alla qualità dell'ambiente che avvengono a danno dei BB.CC. con il loro conseguente degrado. Si comprende da ciò come il primo intervento protettivo di tali beni non possa che riguardare proprio l'ambiente nel quale sono collocati, venendo così a complementarsi l'un l'altra la scienza e la tecnologia dell'ambiente e quella dei Beni Culturali ed a integrarsi le esperienze maturate sui due fronti.

L'acidità atmosferica è il primo nemico dei beni Culturali: essa è in grado di solfatare il marmo trasformandolo nell'assai meno mobile e stabile gesso, di corrodere a secco ed ad umido i materiali metallici, di idrolizzare lignina e cellulosa rendendole assai meno concrete e soprattutto, nel caso della carta assai meno abili a conservare e trasmettere informazioni e documentazione.

Ma non solo l'acidità: anche i radicali prodotti nei processi imperfetti di combustione su cui si basano le produzioni energetiche, anche quelle nei veicoli a motore, sono specie reattive instabili e come tali responsabili dell'attacco ad innumerevoli matrici biologiche ed abiologiche. C'è infine il problema dell'ambiente indoor: la globalizzazione ha allargato le frontiere ed ha reso sempre più attuale il turismo di massa, al quale corrisponde un uso ed una funzione sempre più massificati delle opere d'arte: gli ambienti indoor dei musei diventano però, in assenza di provvedimenti limitativi delle libertà individuali nell'interesse generale, altrettanti fonti di rischio e/o di danno per importanti opere d'arte per cui diviene sempre più necessario intervenire con monitoraggi e correzioni.

**Luigi Campanella**

DALLA COPERTINA

(a cura di Gianmarco Ieluzzi)  
gianmarco.ieluzzi@unito.it

*Il chimico*

## **Fritz HABER**

*lo scienziato dannato  
e le sue contraddizioni*

**Breslavia - 9 dicembre  
1868**

**Basilea - 29 gennaio 1934**

di

**Pasquale Fetto**



**Fritz Haber**

Ad Haber ricordato dalla comunità dei chimici come una delle menti più brillanti, fu dedicata una celebre epigrafe per riassumere la sua intensa vita:

*“la tragedia dell’ebreo tedesco,  
la tragedia di un amore non corrisposto”*

**Albert Einstein**

La figura di Fritz Haber, diventato una *leggenda nera*, va analizzata e studiata in ragione del suo indiscusso talento scientifico, sia perché la sua biografia è lo specchio nel quale sono riflesse tutte le contraddizioni del suo tempo nel quale gli scienziati iniziarono ad assumere una rilevanza politica.

Chimico tedesco, figura controversa e complessa. Nato a Breslavia cittadina della Polonia nel dicembre 1868 da Siegfried Haber e Paula Haber (cugini di primo grado). Fritz sposò nell'agosto del 1901 Clara Immerwahr. Clara, figlia di un chimico proprietario di una fabbrica di zucchero, fu la prima donna ad ottenere un dottorato di ricerca presso l'Università di Breslavia e fu seguita negli studi da Richard Abegg. Nel 1902 ebbe l'unico figlio Herrmann. Clara era una convinta ed attiva pacifista.

Fra il 1886 e il 1891 Haber studiò all'Università di Heidelberg sotto la direzione di Robert Bunsen; prima di intraprendere la carriera accademica, lavorò nell'impresa chimica paterna e collaborò con George Lunge al Politecnico Federale di Zurigo. Lavorò successivamente all'Università di Berlino nel gruppo di August Wilhelm von Hofmann e infine all'Ecole technique di Charlottenburg con Carl Liebermann.

Si trasferì a Karlsruhe riuscendo ad entrare all'Università dove si dedicò ad importanti ricerche di elettrochimica e di termodinamica. Nel 1908 venne nominato professore di chimica fisica. Il maggior risultato delle sue attività di ricerca lo ottenne fra il 1894 e il 1913 quando, assieme a Carl Bosch, sviluppò il processo di sintesi dell'ammoniaca ad alta temperatura e pressione, a partire da idrogeno e azoto con ferro come catalizzatore (in seguito noto come processo Haber-Bosch).

Pochi anni dopo la sua scoperta, Fritz Haber mise il suo istituto a disposizione del governo tedesco e convinse lo Stato Maggiore a sperimentare e poi utilizzare l'uso di gas tossici mortali sui campi di battaglia della Grande Guerra. Furono utilizzati per la prima volta contro i soldati russi nel 1915 ma non ottennero un effetto decisivo. Per questi *meriti!!!* gli fu attribuito il grado di capitano dell'esercito. Il nome di Haber è associato anche alla guerra chimica; inventò la maschera antigas e guidò i gruppi di ricerca che svilupparono dal cloro e dai cianuri i primi gas velenosi usati successivamente a scopo bellico.

Ricevette il Premio Nobel per la chimica nel 1918 con la motivazione "*per la sintesi dell'ammoniaca dai suoi elementi*". Questo processo consente oggi la produzione di fertilizzanti che forniscono sostentamento per un terzo della popolazione mondiale.

La maggior parte del suo lavoro ebbe luogo fra il 1911 e 1933 presso l'Istituto di Fisica e Elettrochimica della Società Kaiser Wilhelm di Berlino. Si occupò anche delle reazioni di combustione, della separazione dell'oro dall'acqua di mare e di elettrochimica.

Nel periodo fra le due guerre mondiali Haber si interessò di insetticidi e mise a punto il procedimento per la sintesi dell'acido cianidrico, denominato commercialmente **Zyklon B**, originariamente era destinato alla disinfestazione di pidocchi e di altri parassiti; in seguito fu utilizzato per assassinare i prigionieri dei campi di sterminio nazisti. Quando furono promulgate le prime leggi razziali antisemitiche, essendo di famiglia ebrea, fu costretto alle dimissioni.

Il fisico Max Planck tentò inutilmente di salvare la carriera di Haber parlando direttamente con Hitler ricordando i meriti dello scienziato; la risposta che ottenne fu: "*Se la scienza non può fare a meno degli ebrei, noi in pochi anni faremo a meno della scienza*"

Haber fuggì prima in Inghilterra dove trovò un incarico presso l'Università di Cambridge. Nel 1934 decise di trasferirsi in Palestina nella cittadina di Rehovot (ora Israele), ma durante il viaggio fu colto da un grave attacco cardiaco e morì in un albergo di Basilea all'età di 65

Nel 1953 l'Istituto di Fisica ed Elettrochimica ricevette il nome di "Istituto Fritz Haber", ora una parte della Società Max Planck.

Nel 2011 fu celebrato il 100° anniversario della fondazione del Kaiser Wilhelm Institute per Chimica Fisica ed Elettrochimica, precursore della Fritz Haber Institute .

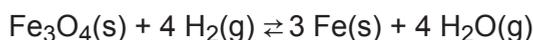
### La sintesi

Azoto e idrogeno reagiscono in rapporto 1:3 alla temperatura ottimale tra 350-550 °C e alla pressione ottimale di 140-320 atm utilizzando magnetite quale promotore della catalisi. La reazione consiste in un equilibrio chimico in fase gassosa descritto dall'equazione stechiometrica



La reazione è esoergonica a temperatura ambiente ed esotermica. Le alte pressioni adoperate e la sottrazione dal reattore dell'ammoniaca prodotta spostano l'equilibrio verso destra. I catalizzatori usati da Haber e Bosch furono l'osmio e l'uranio; come promotore della catalisi utilizzarono la magnetite.

Il processo industriale attualmente utilizza come catalizzatore il ferro meno costoso e facilmente reperibile; come promotore e attivatore il sistema utilizza una miscela di magnetite che appena introdotta nel reattore di sintesi subisce la seguente reazione:



### Lecture consigliate e approfondimenti

Paolo Magionami. 07/08/2001

[http://www.torinoscienza.it/personaggi/fritz\\_haber\\_19737.html](http://www.torinoscienza.it/personaggi/fritz_haber_19737.html)

"Fritz Haber, the damned scientist". Magda Dunikowska e Ludwik Turko, Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Wroclaw. (Wroclaw, 20 August 2011) <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1112/1112.0949.pdf>

*La fissazione dell'azoto, ovvero l'ambiguità della scienza.* Luigi Cerruti..

<http://www.minerva.unito.it/Storia/ChimicaClassica/Azoto/AZOTO1.htm>

*Einstein.* Jeremy Bernstein. Società editrice il Mulino. Bologna, 1983, pp.189-190



# **Un percorso di avvio alla chimica a partire dai 6 anni**

## **parte quinta**

### **Avvio al concetto di solubilità – La concentrazione e la saturazione**

**Ilaria Rebella**

Istituto Comprensivo Savona 4 “G. Marconi” (Savona)  
rebella.ilaria@gmail.com

#### **Riassunto**

*Questo contributo rappresenta l'ultimo segmento del percorso didattico sulla solubilità effettuato lungo i cinque anni del ciclo di istruzione primaria sull'esplorazione di aspetti chimici legati alla solubilità in acqua di una sostanza. Vi si affrontano i concetti di concentrazione e di limite di saturazione di una soluzione.*

*L'obiettivo principale è stato quello di avviare gli alunni all'acquisizione di alcuni termini del lessico scientifico e chimico, in particolare.*

#### **Abstract**

*The course experienced during the five years of primary education on the exploration of chemical aspects related to water solubility of a substance ends with the section shown below on the concept of concentration and the saturation limit of the solution.*

*The overall objective is to study a new approach to teaching science and in particular the construction of scientific language on the chemical in the primary school.*

#### **Introduzione**

Dopo aver costruito un lessico comune concettualmente condiviso sulla base di esperienze effettuate, analizzate e in parte progettate in classe dai bambini sotto la guida dell'insegnante (si vedano in bibliografia i quattro articoli precedenti su questa stessa rivista) si è proceduto esplorando alcuni aspetti legati alla solubilità, come la concentrazione e il limite di saturazione, che portano ad un'ulteriore implementazione della definizione costruita e modificata via via nel corso degli anni e delle esperienze condivise. Il percorso complessivo è lungo e fortemente correlato con attività disciplinari diverse per arrivare alla formulazione di concetti complessi e sfaccettati, come la proporzionalità e il rapporto tra grandezze non omogenee.

Quest'ultimo articolo riguarda in particolare la parte legata all'ambito prettamente scientifico, con alcuni cenni al lavoro svolto in altri ambiti, solo dove necessario per la comprensione del percorso.

### La costruzione interdisciplinare dell'intera esperienza

Durante tutto il primo ciclo ho collegato le attività relative alla costruzione di concetti basilari della chimica con il *campo di esperienza*<sup>1</sup> delle Produzioni (si producono beni da vendere al Mercatino di Natale o da regalare ai genitori, come sali da bagno, sciroppi, ...), per contestualizzare e rendere significativo l'apprendimento e per garantire la complessità necessariamente interdisciplinare della realtà a cui il bambino può far riferimento nell'esperienza quotidiana, fornendogli la possibilità di elaborare, sotto la guida dell'insegnante, un modello adeguato alla sua enciclopedia cognitiva senza però banalizzare la realtà.



**Figura 1.** Produzioni in classe: sali da bagno e sciroppo di limone

E' stata curata in modo particolare l'acquisizione dei requisiti lessicali e concettuali necessari per le attività successive, arrivando alla costruzione di una definizione condivisa di *sostanza solida solubile in acqua* (si vedano articoli precedenti su CnS), per giungere poi, negli anni successivi, ai concetti di conservazione della massa, concentrazione e saturazione.

Il lavoro di gruppo e la discussione collettiva hanno favorito l'interazione, la collaborazione e l'apprendimento dai pari.

Nel secondo ciclo si sono ripresi i concetti acquisiti e si è proceduto ad un approfondimento degli aspetti osservati fino ad arrivare alla definizione di concentrazione come rapporto tra grandezze non omogenee, collegando le esperienze svolte in diverse situazioni durante tutti i cinque anni (misure, rappresentazione decimale, concetto di frazione e di percentuale, concetto intuitivo di proporzione).

1. Per "campo di esperienza" si intende un ambito dell'esperienza culturale dell'uomo (Boero, 1989, PME-XIII)

## 2. Le attività

Le prime attività sono volte ad esaminare le concezioni spontanee degli alunni sulla presenza o meno di limite alla solubilità dei soluti nei solventi.

### 2.1 Alla scoperta del fenomeno della saturazione delle soluzioni

A tale scopo, ho predisposto sulla cattedra un **contenitore con acqua** (100g circa), un **cucchiaino, due sostanze solide solubili bianche** (sale fino, zucchero) e **due sostanze solide solubili non bianche** (sali da bagno e solfato di rame) e ho proposto le seguenti schede, individuale e di gruppo, e, successivamente, una successiva discussione in classe per definire una procedura condivisa da utilizzare per verificare il limite di solubilità delle sostanze a disposizione.



**Figura 2.** Limite di solubilità di sostanze bianche e colorate

#### **SCHEDA 1** (individuale)

Rispondi alle seguenti domande :

1. *Hai a disposizione questa quantità d'acqua, 1 dl, pensi che continuando ad aggiungere sostanza solida solubile a quest'acqua, rimescolando ad ogni aggiunta, la sostanza continuerà sempre a sciogliersi oppure pensi che, ci sia un limite, cioè che dopo un certo numero di cucchiaini la sostanza non si scioglierà più e rimarrà depositata sul fondo del recipiente?*
2. *Progetta un esperimento per verificare la tua ipotesi, utilizzando il materiale che hai a disposizione sulla cattedra.*

#### **SCHEDA 2** (gruppo)

Rileggete le risposte date da ciascuno di voi nella scheda precedente e, cercando di mettervi d'accordo, rispondete alle domande:

- 1) *Avete a disposizione questa quantità di acqua, 1 dL.  
Pensate che continuando ad aggiungere sostanza solida solubile a*

*quest'acqua, rimescolando ad ogni aggiunta, la sostanza continuerà sempre a sciogliersi oppure pensate che a un certo punto la sostanza solida non si scioglierà più e resterà depositata sul fondo del recipiente, pur mescolando a lungo?*

- 2) *Provate a progettare un'esperienza per verificare la vostra ipotesi, utilizzando il materiale che avete a disposizione sulla cattedra.*

*(Se qualcuno non è d'accordo con gli altri del proprio gruppo, scriva il suo punto vista in fondo)*

Nella classe cognitivamente più preparata, in cui si è dimostrata diffusa la capacità di proporre una procedura chiara e pertinente all'ipotesi da verificare, anche in gruppo ognuno è rimasto della propria idea, cercando di difenderla argomentando. Ad esempio: *“Margherita e Marco dicono che se ci mettiamo tanto sale non si scioglierà più. Giulia dice che se mettiamo tanto sale si scioglierà sempre. Per verificare: Prendere lo zucchero e il cucchiaino e mettere 25 cucchiaini di zucchero dentro il bicchiere con l'acqua, girare finché si scioglie: se si scioglie vuol dire che Giulia ha ragione e se non si scioglie vuol dire che Marco e Margherita hanno ragione”*

Nell'altra classe, dove le argomentazioni individuali erano meno “convinte” e fondate, ha invece prevalso l'ipotesi della maggioranza.

Ho potuto constatare in questa ed in altre occasioni una forte correlazione tra la qualità della sintassi, l'uso consapevole del lessico e la capacità di produrre un testo regolativo, con lo sviluppo della capacità argomentativa e la comprensione dei concetti trattati.

Sono emerse anche alcune interessanti concezioni legate ad esperienze quotidiane non completamente razionalizzate, in quel misto di osservazione attenta e attinente alla realtà e di spiegazioni quasi magiche, ma con una forte coerenza interna, tipiche dei bambini: *“Non si scioglierà perché aggiungendo sempre sale si alzerà [il livello del sale e quindi dell'acqua] nel bicchiere e l'acqua uscirà e non riuscirà a sciogliere il sale. Per la verifica: Ingredienti: solfato di rame, cucchiaino, bicchiere che contiene 1 dl d'acqua. Procedimento: prendiamo un cucchiaino di solfato di rame, lo versiamo nel bicchiere con un dl d'acqua, lo giriamo e vediamo se si è sciolto; se si è sciolto continuiamo ad aggiungere un cucchiaino di solfato di rame per volta finché non succede qualcosa, se non si scioglie avevamo ragione!” (Daniel)*

È seguita la discussione collettiva, in cui abbiamo letto i progetti di gruppo e stabilito una procedura condivisa (utilizzata anche nelle attività successive), cercando di riflettere sulla convenienza di aggiungere 1 cucchiaino per volta piuttosto che 2, 5 o 25 come suggerito da alcuni gruppi e sulla necessità di fondare l'esperienza sull'osservazione: *“si scioglie allora...”/“non si scioglie allora...”*.

## 2.2 Il limite di solubilità

Alla fase riflessiva è seguita l'attività sperimentale condotta dai gruppi, da effettuare con la procedura elaborata e condivisa in precedenza. Ogni gruppo ha lavorato con due sostanze solubili, una bianca (sale fino) e una non bianca (sale da bagno), raccogliendo le osservazioni su scheda. La discussione conclusiva sui risultati ottenuti aveva lo scopo di generalizzare l'effettiva esistenza di un limite alla solubilità per tutte le sostanze solide solubili (*discussione di generalizzazione*).

Seguendo la procedura stabilita, ho invitato poi ciascun gruppo a sciogliere una sostanza a loro scelta tra le quattro presentate all'inizio, e concludendo con l'esposizione dei risultati da parte di un componente di ogni gruppo.

### SCHEDA 3 (Gruppo)

Riporto qui la scheda compilata da un gruppo che ha scelto come soluto il solfato di rame.

*Segui la procedura condivisa in classe la volta scorsa e raccogli i risultati compilando la seguente scheda.*

| <b>Sostanza solida solubile: solfato di rame</b> |   |  |
|--|---|--|
| Cucchiaini di sostanza                           | La sostanza versata si è sciolta completamente?<br><b>Si/No</b> | Osservazioni emerse durante la prova sperimentale  |
| 1° cucchiaino                                    | Si  | Ci ha messo tanto per sciogliersi  |
| 2° cucchiaino                                    | Si  | La soluzione è più scura   |
| 3° cucchiaino                                    | Si  | E il liquido è ancora scuro e ci mette 1 minuto [la sostanza a sciogliersi completamente]                                  |
| 4° cucchiaino                                    | Si  |  |
| 5° cucchiaino                                    | Si  |  |
| 6° cucchiaino                                    | Si  |  |
| 7° cucchiaino                                    | No  | Dopo una settimana ci sono sempre i granelli e si sono induriti, c'è una specie di mentina formata da granellini sul fondo |
| 8° cucchiaino                                    | No  |  |

*L'ipotesi iniziale è stata confermata? Motiva la tua risposta.*

Sono state condivise tutte le risposte, esponendole alla classe e discutendo sulle ipotesi iniziali e sui risultati ottenuti.

I bambini sono stati in grado di costatare l'esito della verifica della propria ipotesi. Molti hanno argomentato in modo esauriente la validità/non validità di ciò che si aspettavano (Giacomo: *la mia ipotesi è stata confermata perché c'è un limite al sesto cucchiaino*; Antea: *sì, la mia ipotesi si è confermata [cioè c'è un limite alla solubilità] perché si è sciolto solo fino al 5 cucchiaino*; Martina: *la mia ipotesi era sbagliata perché dopo il 6° cucchiaino i granellini non si scioglievano più*).

La discussione collettiva ha permesso a ciascuno di riflettere sulle proprie posizioni e di condividere le proposte di gruppo (allo scopo di verificare se esiste o meno un limite di solubilità).

Il confronto verbale libero anche se guidato e coordinato, mi ha permesso di constatare come alcune posizioni, dapprima sostenute con vigore, si modificavano via via che le argomentazioni dei compagni le confutavano.

Daniel: *è come al mare che metti nel secchiello d'acqua la sabbia e ad un certo punto esce l'acqua, che quindi non può più sciogliere la sostanza.*

Serena: *ma la sabbia non si scioglie, è diverso ...*

Daniel: *ah è vero ...*

Ins: *Daniel, però tu parlavi del peso del sale sciolto nell'acqua... cosa dicevi?*

Daniel: *Sì, che il peso del sale l'anno scorso abbiamo visto che rimane tutto, anche se si è sciolto, allora mica ne posso mettere cinque chili nel bicchiere!*

La guida dell'insegnante si rende necessaria in casi come questo in cui le affermazioni dei bambini sono parzialmente corrette, poiché se la situazione non viene affrontata e analizzata con cura, rischia di creare misconcetti.

Ins: *Bene, quando proverete voi con lo zucchero osserveremo se il livello della soluzione salirà aggiungendo zucchero o no. Però in questo bicchiere in cui abbiamo sciolto solfato di rame sono rimasti granelli al sesto cucchiaino eppure l'acqua non è fuoriuscita; quindi il problema non è solo che ad un certo punto la sostanza non si scioglie più perché l'acqua esce o il bicchiere non può più contenerla, ma, come in questo, caso può esserci un limite alla solubilità anche prima che succeda tutto questo. Qual è questo limite, per il solfato di rame?*

Alcuni: *6 cucchiaini.*

Altri: *5.*

Alessio V: *Be', in 1 dL d'acqua perché in 2 dL d'acqua ce ne stanno 12 perché in ogni dL ce ne stanno 6 e  $6 + 6 = 12$ . Vuol dire che in 2 dL ce ne stanno 12 e se ce ne metti 13 un po' si scioglie ma un po' rimane.*

Daniel: *ma è sbagliato! Perché si scioglievano 5 il 6° no, quindi  $5+5=10$*

Serena: *per fare che non si sciogla più ce ne vuole 6 ogni dL, ma se vuoi che si sciogla l'ultimo deve essere il 5° per ogni dL.*

Alessio V: *veramente per essere precisi dovremmo vedere quanto rimane del 6° cucchiaino che non si scioglie, perché la B ha detto che al 6° cucchiaino sono rimasti dei granellini ma meno di tutto il cucchiaino, quindi si dovrebbe pesare quello che si è sciolto.*

Ins: *molto bene, hai ragione, ma come faccio a pesare quanto solfato di rame del 6° cucchiaino si è sciolto?*

Lori P: *peso il solfato di rame del cucchiaino e poi lo giro e quando rimangono i granelli tolgo il liquido e peso i granelli.*

Ins: *e come faccio a sapere quanto si è sciolto?*

Margherita: *faccio il peso del cucchiaino di solfato di rame meno i granelli.*

Ins: *meno il peso dei granelli. E cosa trovo?* Margherita: *il peso di quello che si è sciolto.*

Alessio V: *così posso dire che il limite di solubilità è 5 cucchiaini e un po', ad esempio 2 grammi.*

### 2.3 Definizione di soluzione satura e di solubilità

#### SCHEDA 4 (Individuale)

*Abbiamo svolto la seguente attività in classe, utilizzando la procedura e il materiale seguenti:*

#### Materiale:

- I. contenitore
- II. acqua (100 mL)
- III. sostanza solubile bianca (zucchero)
- IV. sostanza solubile colorata (solfato di rame)
- V. 2 cucchiaini (uno per agitare e uno per versare la sostanza)

#### Procedura

Versa circa 100 mL di acqua nel contenitore, poi versa un cucchiaino raso di sostanza nell'acqua e mescola (per almeno 2 min); se la sostanza si sarà sciolta, aggiungi un altro cucchiaino e mescola nuovamente per altri 2min.

Continua così annotando nella tabella ciò che osservi.

| Sostanza        | Limite di solubilità   |
|-----------------|--|
| Solfato di rame | La sostanza non si scioglie più completamente dopo.....<br>cucchiaini rasi |
| Zucchero        | La sostanza non si scioglie più completamente dopo.....<br>cucchiaini rasi |

*Nel nostro esperimento abbiamo aggiunto all'acqua un numero sempre più grande di cucchiaini di sostanza solubile (in un caso bianca e in un caso azzurra) e abbiamo verificato che dopo un certo numero di cucchiaini la sostanza.....*

*Osservando a questo punto il contenuto del bicchiere, abbiamo constatato che.....*

Ho assegnato poi una scheda individuale da completare a casa per rinforzare la consapevolezza che il limite di solubilità dipende dalla sostanza.



**Figura 3.** Soluzioni sature

**COMPITO:**

Rifai l'esperimento dello zucchero e del sale prendendo cucchiaini rasi e, seguendo la procedura concordata, completa la tabella sottostante:

| Sostanza | Limite di solubilità   |
|----------|--|
| Sale     | La sostanza non si scioglie più completamente dopo.....<br>cucchiaini rasi |
| Zucchero | La sostanza non si scioglie più completamente dopo.....<br>cucchiaini rasi |

**Determinazione “matematica” dell'intensità di colore di una soluzione**

Dopo aver preparato davanti agli alunni tre soluzioni, con la stessa quantità di acqua (100g), aggiungendo rispettivamente 2g, 4g e 10g di soluto (solfato di rame) nei rispettivi contenitori, ho chiesto loro di completare la

scheda (dapprima individuale e poi di gruppo) di osservazione della relazione tra quantità d'acqua e di soluto e intensità di colore assunto dalla soluzione e rapporto tra quantità di acqua e di soluto.

#### SCHEDA 5-a (Individuale)

*Osserva il contenuto dei 3 bicchieri che vedi sulla cattedra e completa la seguente frase:*

*“La soluzione di colore più intenso è quella che contiene.....  
.....”*

#### SCHEDA 5-b (Gruppo)

*Confrontate i vostri lavori individuali e completate in modo condiviso la frase:*

*“La soluzione di colore più intenso è quella che contiene.....  
.....”*

*Scrivete anche eventuali pareri discordanti.*

La risposta è stata unanime: *la soluzione di colore più intenso è quella che contiene più solfato di rame.*

Il fatto che non venisse colta la relazione dell'intensità di colore con il rapporto tra quantità d'acqua e di soluto, ma solo con la quantità di soluto era previsto e anche auspicabile, per poter affrontare immediatamente l'ostacolo cognitivo.

L'attività successiva ha quindi avuto lo scopo di mettere in crisi la veridicità della conclusione espressa dalla frase condivisa nella sperimentazione precedente.

A questo scopo, ho preparato in tre contenitori di diverso tipo tre soluzioni di solfato di rame a diversa intensità di colore con le quantità di soluto trascritte su un'etichetta affiancata al contenitore stesso, ma con quantitativi di solvente molto differenti tra loro (poiché la bilancia di classe ha sensibilità di 5g ho messo: 25g in 1,5L d'acqua, 20g in 200g d'acqua e 15g in 50g d'acqua)

Ho poi invitato gli alunni a completare la scheda individuale e di gruppo riportate sotto.

#### SCHEDA 6-a (Individuale)

*Osserva attentamente le soluzioni e le loro etichette che riportano le quantità di soluto sciolte nell'acqua.*

*La frase a cui siamo giunti la volta scorsa **‘la soluzione di colore più intenso è quella che contiene la maggior quantità di solfato di rame’** è ancora valida o è in contraddizione con ciò che osservi?*

*Spiega il motivo della tua risposta.*

**SCHEDA 6-b** (Gruppo)

1) *La frase a cui siamo giunti la volta scorsa ‘**la soluzione di colore più intenso è quella che contiene la maggior quantità di solfato di rame**’ è ancora valida o è in contraddizione con ciò che avete osservato?*

2) *Se preparassimo altre tre soluzioni in questo modo:*

1. 5 grammi di solfato di rame in 50 g di acqua
2. 10 grammi di solfato di rame in 200g di acqua
3. 15 grammi di solfato di rame in 225 g di acqua

*quale delle tre soluzioni verrebbe di colore più intenso? Segnatela con una crocetta (X).*

3) *Spiegate il motivo della vostra scelta, specificando gli eventuali calcoli effettuati.....*

4) *Sulla base delle esperienze svolte provate a dire da che cosa dipende il colore delle soluzioni.....*

Con la DISCUSSIONE successiva si leggono i contributi dei vari gruppi e si riprende infine la formulazione condivisa (incompleta) sull'intensità di colore e si chiede come si può modificare sulla base di ciò che si è osservato.

Viene così formulata *una nuova frase che esprime le condizioni che determinano la maggiore intensità di colore in una data soluzione di solfato di rame*. Si arriva quindi ad una definizione condivisa di **concentrazione** come rapporto (grammi soluto)/(grammi solvente), che condiziona il colore della soluzione.

**3. Verifica (La concentrazione di una soluzione)**

Si è avviata una discussione volta a ricordare cos'è una soluzione, come la si riconosce, quali soluzioni sono state preparate in passato e quali caratteristiche sono state individuate (limite di solubilità, conservazione della sostanza, concentrazione), a cui è seguita una produzione individuale: *“Da cosa dipende la concentrazione di una soluzione?”*

Dopo la condivisione delle risposte ho proposto la scheda di verifica, divisa in due parti: una di riflessione in classe (punti 1 e 2), l'altra da svolgere in laboratorio (sempre individualmente):

**SCHEDA DI VERIFICA** (Individuale):

1) *Quanti grammi di sostanza devo usare perché le due soluzioni seguenti abbiano la stessa concentrazione?*

*15 g di solfato in 100 mL*

*.....g di solfato in 1000 mL*

2) La soluzione che vedi sulla cattedra (250 mL) ha una concentrazione del 3% di sali da bagno in acqua.

■ Quanti grammi di sali da bagno ho usato? .....

■ Se dovessi preparare 1 litro di questa stessa soluzione (quindi di una soluzione con la stessa concentrazione della soluzione che vedi sulla cattedra e quindi anche con lo stesso colore), quanti grammi di sali da bagno dovresti usare?.....

■ Spiega come hai ragionato per trovare i grammi di sali da bagno che occorrono:.....

3) Prepara tu una soluzione acquosa con i sali da bagno. Decidi tu la quantità di sali che vuoi utilizzare ma scrivi poi qui sotto quanti sono i ml di soluzione e quanti grammi di sale hai sciolto:

mL di soluzione = ..... mL

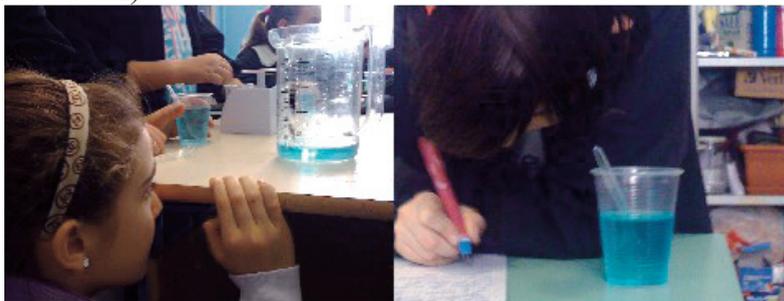
Sali da bagno = ..... g

La soluzione che hai preparato ha una concentrazione in sali da bagno del .....%

Spiega come hai ragionato:.....

#### **PROCEDURA CONSIGLIATA:**

- Metti quanta acqua vuoi (senza misurarla) nel bicchiere.
- Pesa sulla bilancia la quantità di sali da bagno che intendi mettere nel bicchiere. Stai attento/a a metterne una quantità che possa sciogliersi completamente nell'acqua che hai preso.
- Gira con il cucchiaino finché non ottieni la soluzione.
- Misura i ml di soluzione ottenuta con la caraffa graduata.
- Calcola la concentrazione in percentuale dei sali da bagno nella soluzione (ricorda: la concentrazione è la quantità di sostanza in g sulla quantità di soluzione in mL)



**Figura 4.** Verifica sulla determinazione della concentrazione di una soluzione

I risultati sono stati complessivamente soddisfacenti: anche i bambini che hanno sbagliato o non hanno terminato la scheda hanno dimostrato di aver interiorizzato molti dei concetti trattati e di avere un'idea dei processi da utilizzare.

Riporto tre esempi esemplificativi dei risultati delle classi:

**M. (ritardo lieve, risultati simili agli alunni autistici):**

*ml di soluzione: 115 mL*  
*Grammi di Sali da bagno: 10 g,*  
 $10 : 115 = 0,08 = 8 \text{ centesimi}$   
*Cioè 8/100 = 8%*

**Erica (livello alto, risultati simili al 75% degli alunni, compresi i bambini dislessici)**

*La concentrazione dipende da quanta sostanza metti nell'acqua: quindi se in una bottiglia grande ci metti ad esempio un cucchiaino di sostanza il colore dell'acqua viene quasi trasparente incolore (trasparente poco colorato), se invece metti un bicchiere di plastica pieno di sostanza in una bottiglietta da mezzo litro il colore diventa molto intenso.*

$250 : 100 = 2,50$       ( $1/3$  di 250 mL)  
 $2,50 \times 3 = 7,50 \text{ g}$       su 250 mL  
 $250 \times 4 = 1000 \text{ mL}$       ( $1000 \text{ ml} = 1 \text{ L}$ )  
 $7,50 \times 4 = 30 \text{ g}$

*Nella prima ho calcolato la percentuale per trovare i Sali da bagno, però dopo ho moltiplicato  $250 \times 4$  perché, per arrivare a un L (1000 mL), però dovevo moltiplicare per 4 anche il 7,50 perché se no rimaneva solo il 3% ma di 250 ml e in un l sarebbe poco e non sarebbe la stessa proporzione.*

*mL di soluzione = 130 mL*  
*grammi di Sali = 15g*  
 $15 : 130 = 0,11 = 11/100 = 11\%$   
*C'è l'11% su 130 mL.*

*Ho diviso i g di sale per i ml di acqua perché dovevo trovare la percentuale di Sali da bagno, che c'erano in 130 ml d'acqua.*

**Giu (livello basso):**

*La concentrazione di una soluzione dipende dall'acqua o dalla sostanza che metti.*

$250 : 100 = 2,5$   
 $2,5 \times 3 = 7,5$   
*Ho usato 7,5 ~~ml~~ g*  
*(da sola non è riuscita a trovare quanti g in un litro)*  
*7,5 sono i g che ci sono nella bottiglia quindi bisogna*

*prenderlo 4 volte cioè 30 g e 250 mL che bisogna prendere anche lui 4 volte per fare un L*

*Ml di soluzione = 100 mL*

*G di Sali = 10 g*

*Concentrazione è del 10%*

*$10 : 100 = 0,1 = x10 = 10$*

*Ho ragionato così: se dividevo i 10 g di soluzione scoprivo la percentuale*

#### **4. Riflessioni conclusive**

Molti hanno confuso i mL di soluzione con i mL di acqua, seppur nella consegna fosse chiaro che i millilitri da considerare nel rapporto erano quelli della soluzione e nonostante avessero seguito la procedura di misurare con la caraffa graduata la soluzione e non l'acqua iniziale. A posteriori ne abbiamo discusso e gli alunni hanno risposto che sembrava loro più opportuno considerare come quantità da usare quelle di sostanza e di acqua, perché finora avevamo sempre misurato queste due quantità (nella ricerca del limite di solubilità, nella verifica della conservazione della sostanza, nella definizione stessa di soluzione). Per convincerli ho ripreso il campo di esperienza che avevo usato per introdurre le percentuali, cioè le ricette; mostrando, in particolare, che il 30% di cacao in una tavoletta di cioccolato da 100 g non significava 30 g di cacao su 100 dei rimanenti ingredienti, ma 30 g di cacao su 100 g di cioccolato, in cui c'era anche lo stesso cacao.

I **bambini affetti da autismo** hanno reagito molto positivamente alla parte operativa e di osservazione e descrizione. Sono stati in grado di compilare le schede ma solo dando loro una consegna per volta; è stata spesso preferibile la forma orale, soprattutto per gli argomenti più complessi e durante i primi anni. Tutti hanno comunque dimostrato di aver interiorizzato i concetti su cui abbiamo lavorato e di utilizzare il relativo lessico correttamente (e autonomamente) in contesti diversi da quello prettamente scolastico; anche se in situazioni complesse, come quella proposta per la verifica finale, per alcuni (bambini autistici e uno dei bambini con ritardo) non è stato possibile prescindere dal supporto di un adulto, che li aiutasse a dividere ogni azione in sottoazioni coordinate fra loro. Nonostante le due classi fossero profondamente diverse in termini di dinamiche interpersonali e di situazioni individuali di difficoltà, i risultati sono stati invece molto simili e questo mi ha confortato sulla loro oggettività e indipendenza dal contesto specifico del gruppo classe. Questo percorso, così strutturato e con le modalità di lavoro descritte, ha pienamente risposto alla necessità di sviluppare le potenzialità di ciascun studente, senza trascurare nessuno, né appiattire gli obiettivi formativi e culturali.

### **Bibliografia**

- Boero, P.:1992, 'The Crucial Role of Semantic Fields in the Development of Problem Solving Skills...', *Mathematical Problem Solving and New Information Technologies*, pp.77-91, ASI series, Springer-Verlag, Berlin
- Borsese, A.: giugno 1998, 'Il problema della comunicazione nella didattica e la questione della formazione degli insegnanti', in *Fondamenti Metodologici ed Epistemologici, Storia e Didattica della Chimica*, vol. 1, a cura di E. Niccoli. P. Riani. G. Villani, S.T.A.R., pp.179-275, Pisa
- Bartolini Bussi, M. Boni, M. Ferri, F.: 1995, *Interazione sociale e conoscenza a scuola: la discussione matematica*, Rapporto tecnico n°21, Nucleo di ricerca in Storia e Didattica della Matematica, Dipartimento di Matematica Pura ed Applicata, Università degli Studi di Modena
- Vygotskij, L.S.: 1987, *Il processo cognitivo*, Boringhieri Ed., Torino, pp.46-47
- Vygotskij, L.S.: 1973, *Lo sviluppo psichico del bambino*, Roma, Editori Riuniti
- Rebella, I.: Un percorso di avvio alla chimica a partire dai 6 anni, 2014 *CnS-La Chimica nella Scuola*, XXXVI, **5**, pp 17-22
- Rebella, I.: Un percorso di avvio alla chimica a partire dai 6 anni. Parte II. 2015, *CnS-La Chimica nella Scuola*, XXXVII, **1**, pp 13-18
- Rebella, I.: Un percorso di avvio alla chimica a partire dai 6 anni. Parte III. Avvio al concetto di solubilità. 2015, *CnS-La Chimica nella Scuola*, XXXVII, **2**, pp 25-31
- Rebella, I.: Un percorso di avvio alla chimica a partire dai 6 anni. Parte IV. Avvio al concetto di solubilità – La conservazione di massa. 2015, *CnS-La Chimica nella Scuola*, XXXVII, **3**, pp 25-36

# Un percorso sul suolo nella scuola secondaria di primo grado

Daniela Basosi<sup>1</sup>, Alice Pistolesi<sup>2</sup>

1- Istituto Comprensivo “Montagnola – Gramsci” di Firenze - Scuola secondaria di primo grado – E-mail: dbasosi@gmail.com

2- Istituto Comprensivo “Beata de Mattias” di Firenze - Scuola secondaria di primo grado – E.mail: alice.pistolesi@gmail.com

## **Riassunto**

*Questo contributo può essere considerato un primo approccio alle Scienze della Terra adatto ad alunni della secondaria di primo grado.*

*Esso si propone di operare nell'ambito di semplici esperienze sui suoli per costruire modelli interpretativi all'interno del concetto di composizione macroscopica dei terreni, di fare una semplice classificazione dei suoli, di elaborare una scheda di identificazione del terreno del giardino della scuola o di altri terreni vicini al vissuto degli alunni.*

*Questo percorso è stato sperimentato più volte con successo e inserito da anni nella programmazione delle classi prime in alcune scuole della provincia di Firenze.*

## **Abstract**

*This contribution can be considered a first approach to Earth's Science from students of the first level secondary school.*

*The project is developed through simple experiments on soils to build interpretative models inside macroscopic composition concept of soils with the aim to perform an elementary classification of them and to elaborate an identification procedure of the soil of the school garden and of other near soils.*

*This approach has been already experimented successfully several times from the students of the first classes in some schools of the Firenze district.*

## **Introduzione**

Nella nostra scuola secondaria di primo grado l'insegnamento delle Scienze della Terra è in generale ancora sottovalutato e le più evidenti ragioni di ciò sono che la formazione in ambito geologico è riservata ai soli laureati in geologia, scienze naturali e agrarie, ci sono difficoltà oggettive insite in molti argomenti che presuppongono conoscenze di chimica e di fisica ancora non presenti negli alunni di 11-13 anni e, infine, è impossibile

riprodurre in laboratorio alcuni fenomeni geologici importanti. Di conseguenza l'atteggiamento generale dei docenti è quello di affrontare questa disciplina mantenendosi fedeli ai percorsi proposti dai manuali scolastici, mettendo in atto un insegnamento di tipo nozionistico-mnemonico, piuttosto che dare vita a percorsi che affrontino alcuni argomenti di base con modalità, per quanto possibile, più operative e riflessive.

Eppure la conoscenza dei fenomeni geologici, dell'evoluzione del territorio, dei rischi naturali, dell'uso responsabile dell'ambiente in cui viviamo sono fondamentali per creare una diversa sensibilità verso l'ambiente e sono indispensabili per creare cittadini consapevoli, con una buona comprensione del mondo che li circonda.

Pertanto, è necessario non sottovalutarne l'importanza nell'insegnamento della secondaria inferiore e dedicare il giusto spazio all'elaborazione di percorsi didattici di geoscienze che mettano in atto didattiche di tipo laboratoriale, con un approccio logico-operativo. Infatti, è fondamentale che l'alunno operi in prima persona, osservi, descriva, rifletta, discuta, sia in classe che sul campo, per costruire le proprie conoscenze autonomamente attraverso un apprendimento basato sul ragionamento e la comprensione.

### **Le scelte metodologiche, i tempi.**

Il percorso si sviluppa con una metodologia operativa e riflessiva, basata sulle fasi di osservazione, di descrizione individuale scritta delle esperienze, discussione collettiva, rielaborazione attraverso testi condivisi e disegni. Il lavoro effettuato tiene conto anche di aspetti di didattica speciale e di didattica dell'inclusione.

Il laboratorio usato non per confermare teorie o principi letti sui testi, ma per scoprire principi e leggi che regolano i fenomeni che avvengono intorno a noi, assume un ruolo fondamentale nel processo di apprendimento.

Penso infatti che queste siano le strategie metodologiche più adatte nella scuola di base, perché sono quelle che maggiormente riescono a creare un rapporto di continua interazione docente/alunno, stimolando l'alunno ad un apprendimento attivo attraverso il coinvolgimento diretto nel percorso didattico in cui l'esperienza in prima persona mette in moto continuamente il ragionamento e la riflessione.

Il docente interagisce con l'alunno assumendo un ruolo non tanto di trasmettitore di grandi quantità di nozioni, ma piuttosto di regista del processo educativo che dedica tempo e cura all'ambiente di apprendimento, valorizza le conoscenze spontanee dei ragazzi, favorisce i loro vissuti positivi rendendo ogni alunno protagonista di esperienze, sollecita la motivazione attraverso l'operatività, mettendo in atto le attività cognitive peculiari della conoscenza scientifica quali l'osservare, il raccogliere dati, il classificare, il formulare e il verificare ipotesi.

Il percorso così come viene presentato ha la durata di circa 10-12 ore com

prensive della verifica.

### **Obiettivi specifici cognitivi e procedurali**

L'allievo, al termine del percorso, dovrà essere in grado di:

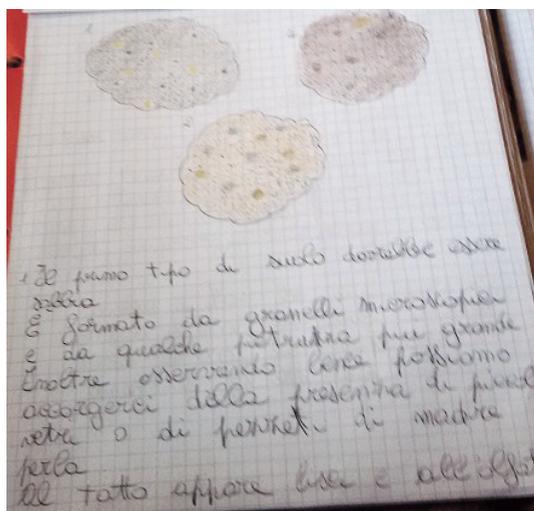
- Individuare i componenti del suolo.
- Descrivere a parole e con disegni e mettere in relazione le principali caratteristiche del suolo: tessitura, porosità, permeabilità, fertilità.
- Analizzare la presenza di acqua e di aria nel suolo.
- Individuare fattori di degrado del suolo.
- Distinguere gli orizzonti del suolo in una immagine di uno scavo.
- Classificare campioni di suolo in seguito alla sedimentazione dei componenti.
- Valutare, attraverso semplici procedure, la capacità di ritenzione idrica, il contenuto di acqua igroscopica e la permeabilità di un suolo.

### **Articolazione del percorso:**

#### **Fase 1 – Osserviamo alcuni campioni di suolo (2 ore).**

Procuriamoci campioni di suolo di natura e tessitura diversa come sabbia, argilla e terriccio di bosco (del tipo di quello che si trova ai piedi di un castagno, cioè umido e ricco di humus).

Dividiamo la classe in gruppetti di tre o quattro alunni e distribuiamo ad ogni gruppo una buona lente di ingrandimento e un piattino di plastica usa e getta contenente qualche cucchiata di sabbia, di argilla e di terriccio ben separate tra loro. Chiediamo loro di disegnare e descrivere per iscritto i tre tipi di suolo, usando non solo la vista, ma anche il tatto e l'olfatto (Figure 1a e 1b).



**Figura. 1a** - Disegno dei suoli esaminati e di alcune loro caratteristiche

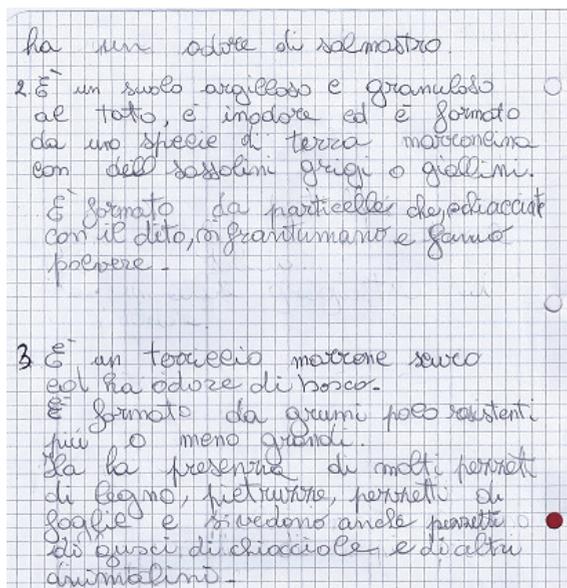


Figura. 1b - Disegno dei suoli esaminati

Possiamo aiutare l'osservazione con domande mirate sul colore, sulle dimensioni delle particelle e la loro consistenza e forma ecc., come nell'esempio della scheda di lavoro della Figura 2.

. Di che colore è il campione di terreno esaminato?  
 .....

. osserva le particelle: ne vedi che hanno diametro maggiore di 2 mm?.....  
 minore di 2 mm?.....

. si rompono e impolverano le dita o sono dure e compatte al tatto?  
 .....  
 .....

. osservi presenza di resti animali o vegetali?  
 .....  
 .....

. Fai il disegno

. Ha odore il terreno esaminato? Se sì, come lo descriveresti?  
 .....  
 .....  
 .....

Figura 2 - Scheda di lavoro sui suoli esaminati

Dalla lettura e dalla discussione degli elaborati dei ragazzi faremo emergere le principali tipologie ben distinte di suoli di riferimento per colore, odore e consistenza: quello sabbioso, quello argilloso e quello umifero.

### **Fase 2 - La permeabilità dei suoli. (2 ore)**

Questa esperienza serve per esaminare la diversa permeabilità all'acqua dei nostri suoli. Procuriamoci bottiglie di plastica da un litro e mezzo (quelle dell'acqua minerale) tante quanti sono i suoli in esame e tagliamole a circa 2/3 della loro altezza. La parte superiore appena tagliata diventerà così un imbuto che dovrà essere posto capovolto all'interno della parte inferiore della bottiglia, che funzionerà da recipiente. Tappiamo il buco di ognuno dei tre imbuti con un po' di cotone o di carta assorbente e versiamo 200g di ogni tipologia di suolo in ognuno degli imbuti. Il tappo eviterà che il terreno cada nel recipiente e, allo stesso tempo, consentirà all'acqua di filtrare (Figura 3).



**Figura. 3** - Rappresentazione del contenitore per l'esperienza

Versiamo 200 ml di acqua negli imbuti, cronometrando per ogni terreno il tempo necessario perché l'acqua inizi a filtrare e il tempo necessario alla filtrazione completa. Misuriamo anche la quantità del filtrato raccolto nei vari casi. La differenza tra l'acqua versata inizialmente e quella raccolta rappresenta l'acqua trattenuta dal terreno (è bene far osservare agli alunni che vengono considerati gli stessi volumi per ogni campione per ottenere risultati confrontabili).

Riportiamo i dati in una tabella (Figura 4).

|                  | TERRENO<br>1<br>SABBIOSO | TERRENO<br>2<br>ARGILLOSO | TERRENO<br>3<br>UMIFERO |
|------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1°<br>GOCCIA     | 1 sec                    | 7 sec                     | 4 sec                   |
| TUTTA<br>L'ACQUA | 1'40"                    | 8'53"                     | 3'                      |

**Figura. 4** - Tabella della permeabilità

Poniamo dunque le seguenti domande a cui i ragazzi daranno risposte individuali:

- *In quale suolo l'acqua ha impiegato minor tempo ad iniziare a filtrare?*
- *In quale di più?*
- *In quale suolo l'acqua ha impiegato minor tempo a filtrare completamente?*
- *In quale di più?*
- *Confronta i filtrati raccolti: qual è il maggiore? Quale risulta raccolto in minore quantità?*

Discutiamo con i ragazzi quanto emergerà: risulterà evidente che i terreni sabbiosi e i terreni umiferi lasciano passare l'acqua più velocemente dei terreni argillosi che, gonfiandosi, fanno passare l'acqua a fatica. In particolare, il terreno sabbioso non trattiene l'acqua, che filtra rapidamente e si raccoglie sul fondo della bottiglia, mentre quello umifero la trattiene solo parzialmente.

Poniamo allora le seguenti domande:

- *Che implicazioni avranno i vari tipi di terreni sulla crescita delle piante?*
- *Quali piante saranno più adatte ai terreni umiferi? E a quelli parzialmente sabbiosi o argillosi?*

Discutiamo con i ragazzi le loro riflessioni.

Concluderemo che, ad esempio, sono adatte a terreni argillosi piante a radici corte come le graminacee, oppure che lungo i terreni sabbiosi delle coste cresceranno meglio piante con radici profonde che potranno procurarsi acqua e sali nelle falde acquifere in profondità, oppure che il suolo umifero, molto fertile e facilmente umido è caratteristico del sottobosco ecc. e che

comunque la composizione ideale perché un suolo possa ritenersi fertile è sempre una mescolanza ragionevole di tutte le componenti: argilla, sabbia e humus.

Possiamo ampliare questi aspetti sulla fertilità con letture dal loro libro di testo o da altri libri scelti ad hoc (Figura 5).

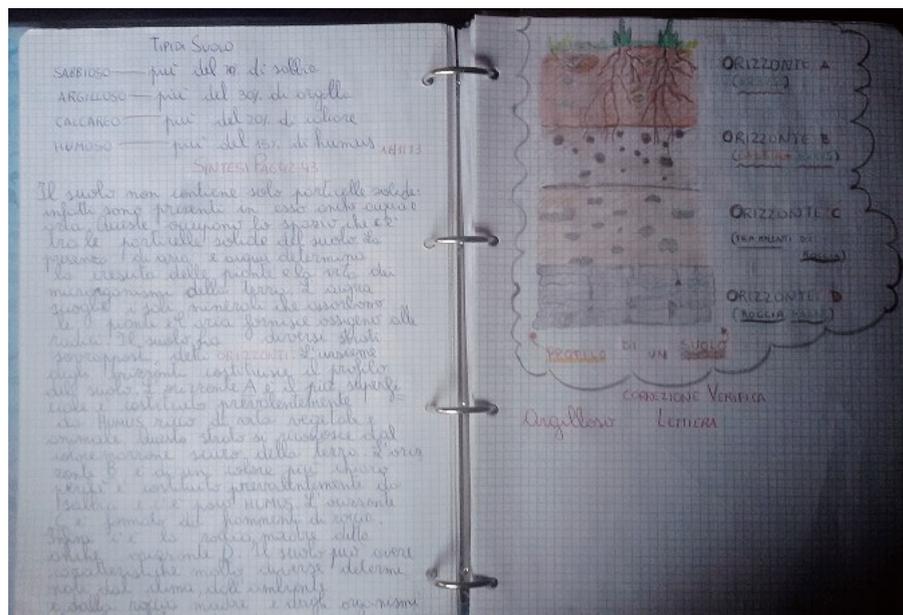


Figura. 5 - Sintesi del libro di testo

### **Fase 3 - La presenza di acqua nel suolo (1 ora).**

I ragazzi hanno difficoltà ad immaginare che nel suolo ci siano spazi vuoti (porosità), e che questi siano occupati non solo da acqua, ma anche da aria, la cui presenza è invece assai importante dal punto di vista biologico.

Possiamo dunque condurre un'altra esperienza sui terreni raccolti che metta in evidenza questo fatto e che offra ulteriori spunti di confronto e di analisi sulle diverse quantità di aria presenti nelle varie tipologie di suoli.

Per evidenziare la presenza di acqua mettiamo la stessa quantità dei suoli (200g) in vasetti da 400cc di vetro pirex, pesiamoli e poniamoli uno alla volta a scaldare sul fornello ad alcool o elettrico a basso calore per una decina di minuti ciascuno, coprendo con un coperchio e avendo l'accortezza di posare i vasetti su di uno spargi-fiamma.

Gli allievi vedranno condensare sulle pareti del recipiente e sul coperchio goccioline di acqua che evaporano dal terreno. Controlliamo quindi i pesi. Gli alunni osserveranno un leggero calo nei singoli pesi dei terreni che collegheranno all'acqua evaporata, resa evidente dalla condensa sulle pareti

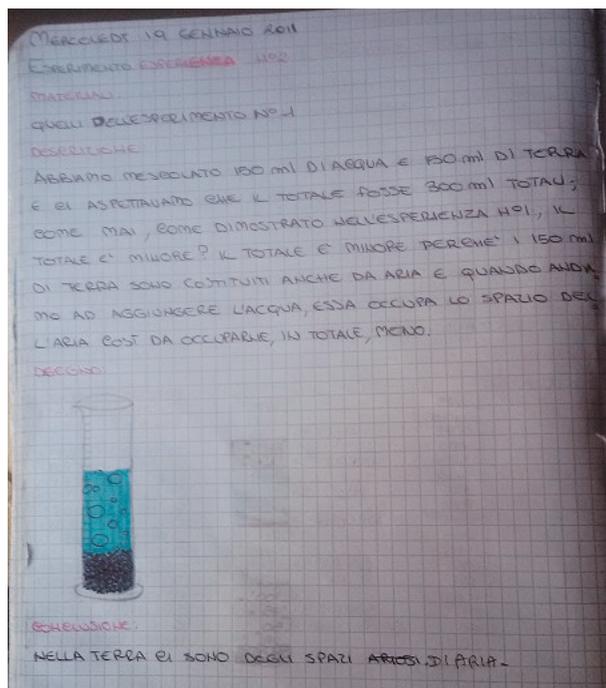
e sui coperchi dei contenitori. Facciamo riportare i dati in una tabella e chiediamo agli allievi di commentare l'esperienza.

#### **Fase 4 - La presenza di aria nel suolo (1 ora).**

Mettiamo ora la stessa quantità di acqua (200cc) in un cilindro graduato, versiamola in ogni vasetto contenente i 3 suoli e chiediamo ai ragazzi di osservare e di descrivere che cosa succede.

Dalle loro descrizioni emergerà che si sviluppano bollicine di aria in ogni vasetto e che queste sono in maggiore quantità quanto più un terreno, come per esempio quello umifero, è morbido, leggero e ricco di aria. Chiediamo anche di osservare e misurare i vari livelli raggiunti dai terreni dopo avere aggiunto l'acqua in egual quantità nei tre contenitori. Riportiamo i dati in una tabella e chiediamo ai ragazzi di confrontarli e di fare per iscritto le loro considerazioni. Discutiamo le conclusioni.

Si renderà evidente che i livelli raggiunti dalle miscele suolo/acqua non saranno corrispondenti alla somma dei volumi iniziali di suolo e acqua (400cc), ma sempre inferiori. Chiediamo agli alunni di riflettere provando a spiegarne il perché: l'acqua versata va ad occupare gli spazi lasciati dalle bollicine di aria liberate pertanto le quantità misurate variano proporzionalmente al maggior contenuto di aria dei vari terreni (Figura 6).



**Figura. 6** - Disegno dell'esperienza per verificare la presenza dell'aria

Dopo le osservazioni fatte nelle ultime due esperienze possiamo coinvolgere gli alunni in una discussione sull'importanza della presenza di acqua e aria nel suolo per la vita di piante e di animali abitatori dei terreni. Attraverso l'assorbimento dell'acqua in corrispondenza delle radici, infatti, le piante assumono i sali minerali che in essa sono disciolti e che sono fondamentali per il loro metabolismo, mentre l'aria fornisce l'ossigeno a molti abitatori del sottosuolo e rende i suoli più soffici.

Possiamo ampliare questi aspetti della biologia del suolo attraverso letture di approfondimento (Figura 7).

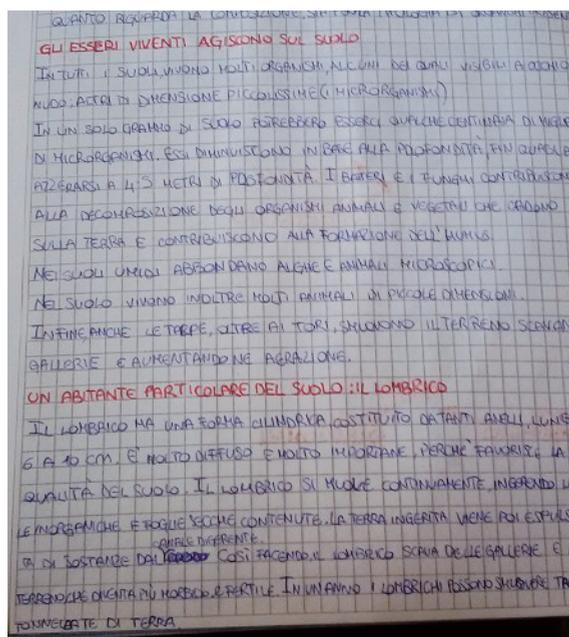


Figura. 7 – Sintesi del libro di testo

### Fase 5 - La composizione granulometrica dei terreni (2 ore)

Spostiamo la nostra indagine sui terreni, cioè i suoli che vengono lavorati dall'uomo e utilizzati per le diverse coltivazioni (terreni agrari) e confrontiamo la loro struttura con un suolo prelevato in un bosco.

Raccogliamo, per esempio, alcune tipologie di terreno in luoghi conosciuti, per esempio nel giardino vicino alla scuola, in un orto del quartiere, e il suolo in una pineta (ovviamente questo dipenderà dalla zona in cui la scuola si trova) o nel parco pubblico ai piedi di un albero e ricostruiamone la composizione.

Procuriamoci alcuni cilindri da 500cc, pesiamo 100g del terreno raccolto e mettiamoli in un cilindro, aggiungiamo 200 cm<sup>3</sup> di acqua, agitiamo o mescoliamo vigorosamente con una bacchetta e lasciamo riposare il cilindro

per una giornata. Questa esperienza viene messa in opera subito in modo da poter fare la lettura la lezione successiva. Inizialmente i ragazzi (ognuno relaziona singolarmente per iscritto) avranno osservato che l'acqua si presenta torbida.

Nella lezione successiva, senza spostare i cilindri, chiederemo agli alunni di disegnare e descrivere individualmente che cosa osservano.

Facciamo leggere le descrizioni e discutiamo con loro. Sicuramente dalle descrizioni emergerà che:

1. *i diversi terreni e il suolo presentano sedimentazioni differenti*
2. *in ogni terreno e nel suolo le parti più grossolane e pesanti si sono disposte in basso e le parti più fini in alto*
3. *alcune particelle galleggiano*
4. *c'è una zona di acqua piuttosto limpida.*

Se le osservazioni risultassero incomplete stimoliamoli con domande del tipo:

- 1) *Noti stratificazioni nel contenitore? Quante?*
- 2) *Perché da un miscuglio fangoso si sono ottenuti strati ordinati?*
- 3) *Quali particelle sono andate sul fondo: le più grosse o le più fini?*
- 4) *Osservi colorazioni diverse negli strati? Descrivile.*
- 5) *Ci sono resti di organismi viventi? Li riconosci? (se necessario, forniamo lenti di ingrandimento per osservare meglio).*

Possiamo anche utilizzare come confronto i tre suoli iniziali (sabbia, argilla e terriccio) mescolandoli e procedendo sul miscuglio ottenuto con l'esperienza della stratificazione. I ragazzi individueranno più agevolmente nel terreno in esame gli strati sabbioso, argilloso e umifero (Figura 8).

Dalla discussione concluderemo che:

- 1) *i componenti dei terreni si stratificano in base alla pesantezza,*
- 2) *l'acqua torna limpida perché siamo in presenza di un miscuglio e*
- 3) *galleggiano resti di viventi tipo rametti, pezzetti di foglie ecc.*

Possiamo ora attribuire i nomi corretti agli strati (*ghiaia, sabbia, limo-argilla* e in superficie galleggia *l'humus*) e misurarne lo spessore nei differenti strati, per valutare se il nostro terreno sia prevalentemente umifero o piuttosto argilloso o sabbioso.

Infine, con l'aiuto del testo, costruiamo una classificazione dei terreni o suoli:

- suolo sabbioso: più del 70% di sabbia
- suolo argilloso: più del 30% di argilla
- suolo umifero: più del 15% di humus

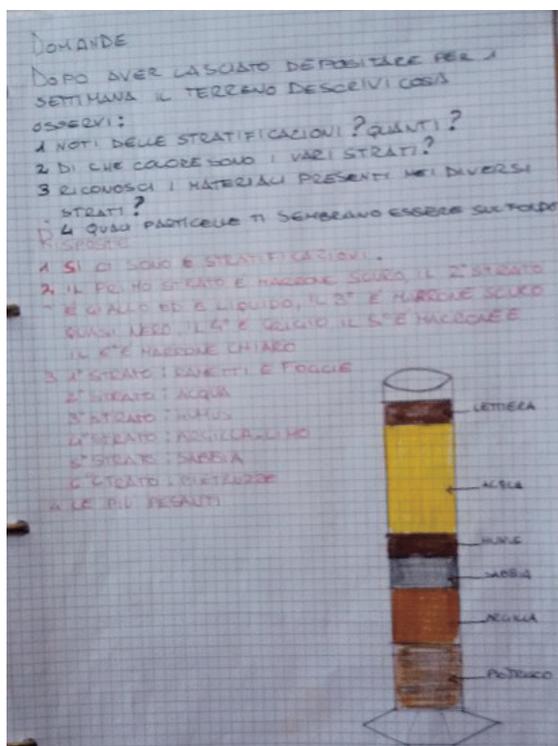


Figura.8 – Disegno della stratificazione del terreno in esame

**Verifica degli apprendimenti, valutazione complessiva ed esiti della realizzazione del percorso.**

Questo percorso si presta ad una valutazione degli allievi non solo per le competenze specifiche che acquisiscono in ambito scientifico, ma anche per le competenze organizzative e relazionali che vengono messe in atto nel lavoro sul campo. Infatti nello sviluppo delle attività si richiede ad ogni alunno di riflettere sugli aspetti più importanti del proprio percorso, di documentare per iscritto e anche attraverso disegni le varie fasi di lavoro e di elaborare brevi relazioni, talvolta individuali, talvolta di gruppo su ciò che è stato appreso. Gli alunni inoltre devono essere in grado di collegare le conoscenze acquisite con le esperienze fatte e devono saperle raccontare, pertanto vengono valutati non solo gli elaborati sui quaderni, ma anche l'esposizione dei singoli e gli elaborati di gruppo.

*La valutazione sarà dunque la risultante di una molteplicità di aspetti: si tiene conto dello sviluppo dei processi di apprendimento messi in atto in itinere da ciascuno degli alunni (è importante annotare gli aspetti salienti delle conversazioni) e dai quaderni di lavoro dei ragazzi (che devono essere corretti con regolarità) in cui vengono riportate non solo le sintesi delle attività, ma anche le domande stimolo del docente, le riflessioni personali dell'alunno, le osservazioni e le descrizioni, le ipotesi formulate, le correzioni, le integrazioni, gli elaborati che seguono alle discussioni collettive ed infine una opportuna prova di verifica.*

In Appendice (1) viene riportata la prova di verifica somministrata al termine del percorso didattico.

I quesiti proposti, compatibili con gli obiettivi elencati all'inizio del percorso, sono strutturati come segue:

- *descrivere* i tipi di suolo in base alle differenti caratteristiche osservate, utilizzando i dati delle esperienze effettuate nel laboratorio e dunque in base ai risultati ottenuti;
- *rispondere* ad una serie di domande che inquadrino le tematiche trattate.

Il percorso è stato messo a punto una decina di anni fa e da allora è stato realizzato in diverse classi prime che hanno sempre accolto positivamente l'approccio alla materia, mostrando una partecipazione spontanea e vivace.

La didattica operativa messa in atto in questo percorso ha permesso di rafforzare la collaborazione fra pari e ha favorito l'integrazione degli alunni in difficoltà, compresi quelli non italiofoni di recente inserimento.

## Appendice

Nome..... Cognome.....Classe.....Sez.....

1. CHE COSA E' IL SUOLO? DA QUALI COMPONENTI E' COSTITUITO?
2. QUALI TIPI DI SUOLO CONOSCI?
3. INSERISCI AL POSTO GIUSTO NEL SEGUENTE DISEGNO LE PAROLE: HUMUS, ROCCIA MADRE, SOTTOSUOLO E DESCRIVI BREVEMENTE LE CARATTERISTICHE DEI VARI STRATI.



4. SCEGLI IL COMPLETAMENTO ESATTO:
  - a. LA PERMEABILITA' E LA CAPACITA' DI:
    - lasciarsi attraversare dall'acqua
    - assorbire acqua
    - non assorbire acqua
  - b. CERCHIA IN ROSSO IL SUOLO MENO PERMEABILE E IN BLU IL PIU' PERMEABILE
    - sabbioso            - argilloso            -umifero
  - c. IL TERRENO AGRARIO E' FORMATO DA UNA MESCOLANZA DI:
    - humus e argilla
    - humus, argilla e sabbia
    - sabbia e argilla
5. SE DOVESSI MISURARE I GRAMMI DI ACQUA PRESENTI IN UN CAMPIONE DI SUOLO, COME FARESTI?
6. PERCHE' E' IMPORTANTE LA PRESENZA DI ARIA ED ACQUA NEL SUOLO?
7. C'E' UNA PARTE ORGANICA NEL SUOLO? COME FARESTI A SEPARARLA DALLA PARTE INORGANICA?



# Abilità cognitive e creatività nel problema solving

Liberato **Cardellini**<sup>1</sup> Alex H. **Johnstone**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Università Politecnica delle Marche, Ancona.  
l.cardellini@univpm.it

<sup>2</sup>Centre for Science Education, University of Glasgow, UK.  
alexjo@btinternet.com

*Questo articolo, in una forma diversa è stato pubblicato nel 2005 (Cardellini & Johnstone).*

La soluzione dei problemi è una delle attività umane più comuni e fin da bambini ci siamo trovati nella situazione di dover risolvere problemi. Per la grande importanza che queste abilità rivestono per il mondo del lavoro e per l'interesse teorico che questo argomento ha suscitato, parole quali "problem solving" e "problem setting" sono diventate parte del linguaggio di molti insegnanti. Forse non è esagerato dire che lo scopo ultimo dell'istruzione sia quello di aumentare l'abilità degli studenti nella risoluzione dei problemi, qualunque sia la natura del problema e comprendendo in questo anche l'apprendimento scolastico. 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 teorica degli argomenti che permettono di sviluppare la soluzione. Ma la nostra esperienza e molti studi sulle abilità degli studenti nella soluzione dei problemi scolastici che si incontrano nelle materie scientifiche mostrano che queste abilità sono piuttosto scarse. Uno degli scopi di questo articolo è quello di suggerire degli spunti per migliorare queste abilità.

La parola *problema* che ha il significato di "mettere innanzi, proporre" è definita nel vocabolario 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" (Zingarelli, 1989). Questa parola evoca in noi 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 nell'ambito di competenze specifiche della logica formale tra diverse alternative e in assenza di un criterio certo per operare la scelta. Un problema può essere perciò visto come la situazione sperimentata da una persona che desidera superare il gap tra uno stato iniziale e uno stato finale e per qualche motivo si sente bloccato dal

gap e non riesce a definire immediatamente le azioni necessarie per superarlo<sup>1</sup>

Nel linguaggio comune la parola "problema" ha dei connotati negativi: "ho dei problemi" ci fa intendere che qualcosa non va. Come insegnanti dobbiamo tenere conto anche di questo aspetto. Inoltre, la soluzione significativa dei problemi non è amata dagli studenti perché spesso non è immediata e richiede tempo e sforzo mentale. Qui gioca un ruolo importante la motivazione e ciò che è stato chiamato "l'elemento umano". Mahaffy (2015, p. 5) introduce l'Human element come quarta dimensione del triangolo (Macroscopic, Molecular, Symbolic) di Johnstone (1991) e parla di 'Tetraedral chemistry education'. "Re-hybridizing learning toward tetrahedral chemistry education ... requires much more than tinkering with curriculum. Rather, systemic efforts to deliberately design learning environments, curriculum, pedagogy, and physical spaces are all needed to enrich the experiences of learners." (Mahaffy, 2015, p. 8)

### **Definizione di problem solving**

Nella letteratura sono riportate numerose definizioni della parola problema (Cardellini & Tsaparlis, 1998); se per problem setting possiamo intendere la definizione del problema, per problem solving dobbiamo intendere ciò che facciamo quando non sappiamo cosa fare<sup>2</sup>, e la difficoltà del problema non è una sua caratteristica innata, ma un'interazione sottile tra la questione e l'individuo che cerca di rispondere alla domanda<sup>3</sup>. Seppur importanti, queste definizioni non ci aiutano molto nella comprensione delle difficoltà che gli studenti incontrano nella soluzione dei problemi, connesse con il tipo e la complessità del problema. Abbiamo bisogno di una definizione operativa della soluzione dei problemi in termini di quali sono i dati, qual è il metodo di soluzione e quali sono gli obiettivi.

I problemi si possono pensare come costituiti da tre componenti: a) le informazioni di partenza necessarie per la soluzione (i dati); b) che cosa si vuole ottenere attraverso la soluzione (lo scopo); c) un metodo con cui collegare (a) e (b), ovvero per muoverci da dove siamo a dove vogliamo arrivare. Se le componenti sono tutte e tre conosciute, la soluzione richiede una pura manipolazione matematica; altrimenti, per la soluzione di un pro-

---

1. "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.", (Hayes, 1989, p. xii).

2. "problem solving is what you do when you don't know what to do", (Wheatley, 1984, p. 1).

3. "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.", (Bodner, 1987, p. 513).

blema, è necessario attivare un processo creativo più o meno importante.

La tabella 1 illustra 8 possibili tipi di problemi (tutte le permutazioni delle tre componenti), il primo dei quali può essere risolto applicando un algoritmo già noto; sono esercizi e non problemi. Nei restanti 7 tipi, ove una o più delle componenti non è nota o è incompleta la soluzione richiede abilità di natura cognitiva che spesso sono difficili da insegnare (Johnstone, 2001). È necessario capire ciò che manca e avere la capacità di trovare in qualche maniera le informazioni. La soluzione di questi problemi richiede una maggiore consapevolezza e talvolta la capacità di rileggere le informazioni in modo nuovo: lo studente deve attivare dei processi che in varia misura sono creativi.

**Tabella 1.** Classificazione dei problemi secondo Johnstone (1993).

| 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 |

Molti dei problemi scolastici o accademici che si incontrano in gran parte della didattica delle materie scientifiche sono del tipo 1: non sono del tipo di quelli che poi i nostri studenti incontreranno nella vita reale. Con la pratica ripetuta, gli studenti dovrebbero diventare abili nel risolvere questo tipo di problemi; le evidenze dicono invece delle difficoltà e degli errori dei nostri studenti. Ricerche e studi evidenziano come la causa di errori sia da imputare ad una insufficiente conoscenza teorica e al sovraccarico di informazioni della memoria di lavoro (Johnstone, 1997; Angawi & Cardellini, 2011). I problemi del tipo 2 sono una forma genuina di problemi, ma una volta che l'allievo ha lavorato su due o tre esempi, si trasformano in problemi del tipo 1, perché il metodo diventa familiare. Ora seguono alcuni esempi di tipi di problemi più complessi che si possono incontrare in chimica; ciascun insegnante può pensarne di analoghi nella propria materia.

I problemi del tipo 3 ci introducono nei problemi reali. Per esempio: " quanti atomi di rame ci sono in una moneta di un centesimo di euro?" L'obiettivo è abbastanza chiaro, ma molti dei dati necessari sono mancanti. Il problema risiede nella capacità dello studente di trovare o chiedere i dati necessari per poter arrivare alla soluzione: Qual è la composizione percentuale della moneta? Qual è la sua massa? E il peso atomico del rame? Quanto vale il numero di Avogadro? Come calcolo il numero di atomi? Questa è la parte dove occorre lo sforzo di pensare. Una volta che lo studente ha riunito questi dati, il resto del problema è un'applicazione quasi automatica di semplici calcoli aritmetici. Riconoscere quali siano i dati necessari è un'abilità importante e necessaria da acquisire anche per uno scienziato.

Un problema del tipo 4 può essere il problema precedente per una persona che non conosce il ragionamento scientifico. Problemi del tipo 5 si prestano bene alle situazioni chimiche. Per esempio: "Dica tutto ciò che conosce del complesso  $[\text{Co}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_5]\text{Br}_2$ ." Lo studente dovrebbe raggiungere diverse parti della sua rete della conoscenza chimica per rispondere completamente a questa domanda: composizione percentuale; peso molecolare; il nome degli elementi, dei ligandi e del complesso; struttura e isomerismo; colore; possibili reazioni, ecc.

La sottrazione di informazioni o la mancanza di conoscenza rilevante trasforma un problema che potrebbe essere facile in uno difficile o impossibile da risolvere. Per uno studente che non conosce cosa sono i complessi, il problema del tipo 5 diventa un problema del tipo 6 (o del tipo 8, se conosce poca chimica). Un problema del tipo 7 per certi studenti potrebbe essere: "Quanto lavoro può essere ottenuto dalla reazione di 10,0 g di idrogeno carbonato di sodio,  $\text{NaHCO}_3$ , con un eccesso di  $\text{HCl}$ ?" Per studenti che non conoscono la termodinamica, questo stesso problema sarà del tipo 8. Molti problemi della vita reale sono di questo tipo e la mancanza della conoscenza specifica rende impossibile la loro soluzione.

Questa classificazione è utile per noi, ma per migliorare le abilità nel problem solving dobbiamo puntare ai processi cognitivi di ordine elevato, con la consapevolezza che in questo ambito non tutto può essere insegnato. La ricerca nel problem solving mostra che le strategie generali per risolvere i problemi possono essere insegnate ed apprese. "We **can** teach techniques that will help to organise the problem solving process. We **can** help students to store and organise their knowledge in such a way as to facilitate problem solving." Ma "We **cannot** teach insight, which is the ultimate key to real problem solving." (Johnstone, 2001, p. 72: grassetto nell'originale)

### **Strategie 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. 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, ma mandando a memoria un certo numero di schemi risolutivi. Anche noi insegnanti utilizziamo in modo più o meno conscio degli schemi, ma conosciamo la logica della loro operatività. Con il tempo noi insegnanti sviluppiamo degli schemi risolutivi efficienti ed automatici che ci permettono di risolvere facilmente certi tipi di problemi: delle strategie efficaci che utilizziamo col minimo sforzo e ingombro della memoria di lavoro.

Per strategia possiamo intendere uno schema riconosciuto essere efficiente in un flusso di azioni concepite e organizzate per raggiungere un obiettivo particolare, come la soluzione di un problema. Possiamo migliorare le capacità dei nostri studenti se li facciamo allenare e familiarizzare all'uso di strategie, e quando necessario forniamo delle informazioni che permettono allo studente di incominciare a ragionare sul problema quando altrimenti non saprebbe cosa fare.

Si provi a risolvere il problema di cripto aritmetica:  $MAM + DAD = MAMA$ , sapendo che ogni lettera rappresenta una singola, unica cifra. Ogni lettera differente rappresenta un differente numero, mentre la stessa lettera rappresenta sempre lo stesso numero e il risultato, dopo aver sostituito le lettere con i numeri, deve essere una corretta addizione. Per molti di noi esperti questo problema non è di immediata soluzione. Per risolvere un problema di un'altra disciplina, anche se potrebbe avere una struttura non dissimile da problemi della chimica a noi familiari, dobbiamo fare un certo sforzo per arrivare alla soluzione. Questo serve ad illustrare la dipendenza dal contesto delle abilità nel problem solving e dimostra la difficoltà di trasferire ad altri contesti le abilità problem solving.

Tornando alla soluzione, naturalmente potremo ricercare qualcosa di speciale nelle lettere che potrebbe facilitarci il processo dell'intuizione; nella prima colonna abbiamo  $M + D = A$ : tre lettere differenti, ma niente di speciale. Nella terza,  $M + D = MA$ : qui troviamo delle informazioni utili; se applichiamo la restrizione che la somma di due numeri è sempre minore di 20, concludiamo che  $M = 1$  e quindi  $D = 9$ . Come arriviamo a questa conclusione? Risolviamo il problema per passaggi successivi. Nella seconda colonna abbiamo l'informazione  $A + A = 1$ .

$$\begin{array}{r}
 MAM+ \\
 DAD= \\
 \hline
 MAMA
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1A1+ \\
 DAD= \\
 \hline
 1A1A
 \end{array}$$

Dunque A può valere 5 o 0. Se A vale 5, allora  $D = 4$ ;

sostituendo abbiamo:

$$\begin{array}{r} 1\ 5\ 1\ + \\ D\ 5\ D\ = \\ \hline 1\ 5\ 1\ 5 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1\ 5\ 1\ + \\ 4\ 5\ 4\ = \\ \hline 1\ 5\ 1\ 5 \end{array}$$

Da questa rappresentazione di una somma sbagliata si deduce che A non può valere 5, ma 0. Perciò,  $D = 9$ .

Diventare abili nel problem solving richiede passione e molta dedizione: è stato stimato che per un novizio sono richieste almeno 10.000 ore di studio e pratica per diventare esperto nel gioco degli scacchi, e solo in quel settore limitato della conoscenza (Simon, Chase, 1973). Nei nostri corsi scolastici abbiamo un tempo disponibile molto limitato e i nostri studenti potranno raggiungere delle abilità significative soltanto se li rendiamo partecipi di particolari strategie efficaci nella soluzione di problemi della nostra disciplina, derivate dalla nostra esperienza. Alcuni suggerimenti generali possono facilitare la crescita cognitiva dei nostri studenti:

*Ragionare* in modo qualitativo sullo svolgimento del problema, prima di sviluppare l'algoritmo.

*Stimare* il risultato numerico, prima di fare i calcoli.

*Spiegare* il passaggio, giustificare la formula ... .

*Provare* (vera o falsa) l'assunzione, il passaggio, la formula, ... .

*Verificare* il risultato numerico, per essere certi che sia corretto.

Possiamo insegnare ai nostri studenti alcune tecniche che permettono di ridurre il gap tra i dati del problema e lo scopo della soluzione, naturalmente adattandole al tipo di problemi scientifici di loro interesse. Altre azioni utili per crescere come solutori di problemi.

- Riflettere sui dati e sul testo del problema (analisi del problema).
- Definire con precisione le difficoltà del problema: tra le procedure a noi note, quali permettono di risolvere la parte del problema in considerazione?
- 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 (working backward).
- Ricercare le deduzioni e inferire le conseguenze.
- Quali assunzioni sono necessarie per superare le difficoltà? Dimostrare vere o confutare le assunzioni utilizzate.
- Focalizzare il ragionamento sulle quantità invarianti.
- Usare i fattori di conversione.

Se desideriamo sviluppare le abilità sottese a queste tecniche, è necessario

dedicare un tempo adeguato ad individuare gli errori, quasi inevitabili nei procedimenti dei nostri studenti, e discutere con loro sulle possibili cause. Se domandiamo allo studente di chiarire come sia giunto a formulare una certa risposta lo induciamo a scoprire qualcosa sul suo modo di pensare; se uno studente comprende la causa di un errore, è improbabile che lo commette di nuovo. Questa esigenza didattica non si concilia con la lezione "ex cathedra", tradizionale dell'insegnamento universitario, ma richiede un coinvolgimento attivo degli studenti: ad esempio l'utilizzo del metodo dell'apprendimento cooperativo (Cardellini & Felder, 1999).

Consideriamo ora il problema: 10,00 g di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  reagiscono con 10,00 g di HCl. Uno dei reagenti è completamente consumato. Calcolare i grammi ottenuti di ogni prodotto.

Alcune soluzioni dei nostri studenti giungono a risultati non accettabili, come ad esempio la somma dei grammi prodotti inferiore a 10,00 g, oppure, più spesso, superiore a 20,00 g. Questi errori evidenziano una insufficiente riflessione e l'assenza della stima del risultato. Nei calcoli stechiometrici, per diminuire l'occupazione della memoria di lavoro ed avere così più spazio per considerazioni logiche è utile suggerire la procedura che noi esperti utilizziamo:

1. Si scrive e si bilancia la reazione;
2. Si calcolano le moli dei reagenti;
3. moli di reazione che avvengono:  $r$  mol rzn (Cardellini, 1996)
4. prima e dopo ( $p$  e  $d$ ) che la reazione sia avvenuta;
5. Calcolo del reagente limitante:  $RL = \dots$ ;
6. Si calcolano le quantità dei prodotti formati;
7. Si calcolano le quantità dei reagenti che hanno reagito;
8. Si esegue la verifica (Cardellini, 1996).

### **Processi creativi nel problem solving**

Consideriamo ora il problema: Il professore lascia una nota affinché il suo studente in laboratorio mantenga la miscela di reazione ad una determinata temperatura. Lo studente telefona per chiedere se siano gradi Fahrenheit o centigradi e il professore dice che è indifferente. Qual è la temperatura? (Johnstone, 2001, p. 71)

Questo problema è stato dato ad una classe di ottanta studenti universitari all'ultimo anno (honours students), ma solo il 10% sono stati capaci di risolverlo. Le risposte sono interessanti in quanto mettono in evidenza differenti strategie usate per la soluzione del problema. Tutti gli studenti hanno riconosciuto che deve esserci una temperatura che è la stessa in entrambe le scale. La maggioranza scrive che c'è una formula che mette in relazione le due scale, ma sono incapaci di ricordarla perciò il problema è per loro impossibile da risolvere.

Alcuni hanno ricordato la formula ed hanno risolto il problema con un semplice passaggio algebrico. Altri si sono ricordati dei valori fissati per i punti di congelamento e di ebollizione dell'acqua, ma non sono stati capaci di andare avanti. Pochissimi hanno usato queste informazioni per tracciare un grafico e per trovare il punto equivalente nelle due scale. Alcuni hanno riconosciuto la mancanza di dati ed hanno suggerito un metodo se i dati fossero stati disponibili, ma questi erano una minoranza. La grande maggioranza ha provato a risolverlo come un problema del tipo 1, ma constatando che i dati (forniti o ricordati) mancavano, hanno trovato più facile arrendersi.

Come possiamo aiutare i nostri studenti ad avventurarsi in territori inesplorati? Certamente l'autostima e la motivazione giocano un ruolo importante, come pure l'ambiente di apprendimento suggerito da Mahaffy (2015). Agli studenti del corso di Chimica della Facoltà di Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche viene suggerito di rendere visibile il loro ragionamento e di spiegare e argomentare ogni passaggio. Risolto il problema, gli studenti possono fare la verifica del risultato e se scoprono che non funziona, rileggendo la soluzione qualitativa del problema possono con maggior facilità trovare l'errore.

In un precedente articolo (Cardellini, 2006) è riportato il problema di chimica: *Un miscuglio contenente NaCl, NaClO e KClO dà all'analisi 16,64% di O e 21,52% di Na. Calcolare la percentuale di K nel miscuglio. È stata presentata una soluzione originale e molto elegante sviluppata da una studentessa del corso di chimica al I anno di università. Le 'regole del gioco' sono molto semplici: è vietato ricorrere alle "stampelle" quali equazioni o sistemi di equazioni e per ricevere il bonus si deve utilizzare un ragionamento logico e riportare tutti i passaggi.*

In un corso di chimica, sedici studenti tra i 21 che hanno risolto il problema in modo originale (circa 1/3 del corso) hanno risposto ad una intervista; alla domanda sulle ore dedicate al problema, il valor medio è stato poco più di 7 (da 0,5 a 40 h); mentre il numero di tentativi è stato di 5,5 (deviazione standard 2,7; da 2 a 13 tentativi). Ciò dimostra che differenti studenti con differenti stili di ragionamento possono aver bisogno di tempi molto diversi. Interessante il commento di una studentessa alla domanda come è arrivata a 'vedere la strada': "Ho capito il procedimento corretto cambiando più volte la rappresentazione mentale e schematica del problema."

Viene ora riportato il procedimento sviluppato da un altro studente.

Masse atomiche relative: 16,00 g O/mol O; 22,99 g Na/mol Na; 35,45 g Cl/mol Cl; 39,10 g K/mol K.

Base per il calcolo: 100,0 g di miscuglio (msc).

100,0 g msc contengono 21,52 g Na e 16,64 g O

$$100,0 \text{ g msc} - (16,64 \text{ g O} + 21,52 \text{ g Na}) = 61,84 \text{ g K e Cl}$$

$$21,52 \text{ g Na} = 9,361 \times 10^{-1} \text{ mol Na}$$

In NaCl e in NaClO, ad ogni mole Na corrisponde 1 mole Cl;

ovvero si hanno  $9,361 \times 10^{-1}$  mol Cl (in NaCl e NaClO)

$$(9,361 \times 10^{-1} \text{ mol Cl}) \times (35,45 \text{ g Cl/mol Cl}) = 33,18 \text{ g Cl (in NaCl e NaClO)}$$

$$61,84 \text{ g K e Cl} - 33,18 \text{ g Cl} = 28,66 \text{ g K e Cl (in KClO)}$$

In KClO, per ogni mole K c'è 1 mole Cl:  $39,10 \text{ g K} + 35,45 \text{ g Cl} = 74,55 \text{ g K} + \text{Cl}$

$$74,55 \text{ g (K + Cl)} : 39,10 \text{ g K} = 28,66 \text{ g (K + Cl)} : x \text{ g K}; x = 15,03 \text{ g K}$$

Niente male: ragionamento molto lucido ed elegante!

Consideriamo ora 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. (Cardellini, 2014, p. 123)

Viene riportata la soluzione trovata da una studentessa, che rappresenta il problema in questo modo:



Calcola i grammi e le moli di C, H e O nel miscuglio (msc):

$$68,74 \text{ g C} : 100,0 \text{ g msc} = x \text{ g C} : 44,37 \text{ g msc}$$

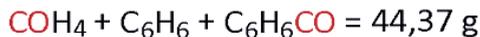
$$x = 30,499 \text{ g C} \equiv 2,5395 \text{ mol C}$$

$$8,905 \text{ g H} : 100,0 \text{ g msc} = y \text{ g H} : 44,37 \text{ g msc}$$

$$y = 3,9511 \text{ g H} \equiv 3,9197 \text{ mol H}$$

$$\% \text{ O} = 100,0 \text{ g msc} - 68,74 \text{ g C} - 8,905 \text{ g H} = 22,355\% \text{ O} \equiv 6,1993 \times 10^{-1} \text{ mol O}$$

Dalla rappresentazione delle formule si nota che ci sono due molecole in comune (CO e  $\text{C}_6\text{H}_6$ ) e una molecola ( $\text{H}_4$ ) presente solo in  $\text{CH}_4\text{O}$ . Così ha pensato di utilizzare questa informazione per calcolare le moli di  $\text{H}_4$ .



Ora il problema si riduce a calcolare i grammi di CO:

$$\text{n.ro mol CO} = \text{n.ro mol O nel miscuglio} = 6,1993 \times 10^{-1} \text{ mol CO} \equiv 17,364 \text{ g CO}$$

e i grammi di  $\text{C}_6\text{H}_6$  nel miscuglio:

$$\text{n.ro mol C in } \text{C}_6\text{H}_6 = (\text{n.ro mol C nel miscuglio}) - (\text{n.ro mol C in CO}) = (\text{n.ro mol C nel miscuglio}) - (\text{n.ro mol CO})$$

n.ro mol C in  $C_6H_6 = 2,5395 \text{ mol C} - 6,1993 \times 10^{-1} \text{ mol C} = 1,9195 \text{ mol C}$   
(in  $C_6H_6$ )

Relazione stechiometrica:  $1 \text{ mol } C_6H_6 \equiv 6 \text{ mol C}$

n.ro mol  $C_6H_6 = (1,9195 \text{ mol C}) \times (1 \text{ mol } C_6H_6 / 6 \text{ mol C}) = 3,1992 \times 10^{-1} \text{ mol } C_6H_6$

massa  $C_6H_6$  (in  $C_6H_6$  e in  $C_7H_6O$ ) =  $(3,1992 \times 10^{-1} \text{ mol } C_6H_6) \times (78,108 \text{ g } C_6H_6 / 1 \text{ mol } C_6H_6) = 24,988 \text{ g } C_6H_6$

Ora è possibile calcolare i grammi di  $H_4$ , quindi le moli di H in  $CH_4O$ :

Massa  $H_4 = 44,37 \text{ g msc} - 17,364 \text{ g CO} - 24,988 \text{ g } C_6H_6 = 2,0178 \text{ g}$

n.ro mol H in  $CH_4O = (2,0178 \text{ g H}) \times (1 \text{ mol H} / 1,008 \text{ g H}) = 2,0018 \text{ mol H}$

Ora è possibile arrivare alla soluzione.

n.ro mol C in  $CH_4O = (2,0018 \text{ mol H}) \times (1 \text{ mol C} / 4 \text{ mol H}) = 5,0045 \times 10^{-1} \text{ mol C}$

n.ro mol C in  $CH_4O = \text{n.ro mol O in } CH_4O = 5,0045 \times 10^{-1} \text{ mol O}$

n.ro mol O in  $C_7H_6O = (\text{n.ro mol O totali}) - (\text{n.ro mol O in } CH_4O) = 6,1993 \times 10^{-1} \text{ mol O} - 5,0045 \times 10^{-1} \text{ mol O} = 1,1195 \times 10^{-1} \text{ mol O in } C_7H_6O = 1,1195 \times 10^{-1} \text{ mol } C_7H_6O$

massa  $CH_4O = (5,0045 \times 10^{-1} \text{ mol } CH_4O) \times (32,032 \text{ g } CH_4O / 1 \text{ mol } CH_4O) = 16,030 \text{ g } CH_4O$

massa  $C_7H_6O = (1,1195 \times 10^{-1} \text{ mol } C_7H_6O) \times (106,12 \text{ g } C_7H_6O / 1 \text{ mol } C_7H_6O) = 12,679 \text{ g } C_7H_6O$

Per differenza calcola i grammi di  $C_6H_6$ :

massa  $C_6H_6 = 44,37 \text{ g msc} - 16,030 \text{ g } CH_4O - 12,679 \text{ g } C_7H_6O = 15,66 \text{ g } C_6H_6$

Notevole la forza del ragionamento. Potrebbe il lettore trovare altre soluzioni sviluppate in modo creativo e originale?

## Conclusioni

Gli esempi riportati dimostrano che è possibile rendere più abili i nostri studenti nella risoluzione dei problemi, ma dicono anche che non è possibile insegnare tutto. Come insegnanti abbiamo il compito non solo di presentare il materiale che deve essere appreso, ma anche di stimolare i nostri studenti a fare espliciti collegamenti tra i diversi argomenti, man mano che la loro competenza aumenta. In questo modo aiutiamo i nostri studenti a organizzare e memorizzare le informazioni in modo utile per facilitare la soluzione dei problemi. Possiamo inoltre insegnare le tecniche che aiutano il processo problem solving, ma non possiamo sempre insegnare come trovare la strada per superare il gap: in molti problemi questo processo richiede intuizione. La motivazione gioca in questo una parte importante: che cos'è se non la motivazione che spinge degli studenti a lavorare per decine di ore alla soluzione di un problema?

## Bibliografia

- Angawi, R. & Cardellini, L. (2011). La rappresentazione della natura particellare della materia come aiuto del Problem Solving, *La Chimica nella Scuola*, **33** (4), 236-245.
- Bodner, G. M. (1987). The Role of Algorithms in Teaching Problem Solving. *Journal of Chemical Education*, **64** (6), 513-514.
- Cardellini, L. (1996). Fattori di conversione e rapporti stechiometrici: strumenti logici per la risoluzione dei problemi. *La Chimica nella Scuola*, **18** (5), 148-151.
- Cardellini, L. (2006). Fostering creative problem solving in chemistry through group work. *Chemistry Education Research and Practice*, **7** (2), 131-140.
- Cardellini, L. (2014). *Strategie per il problem solving in Chimica*. Ancona: Ragni.
- Cardellini, L. & Tsaparlis, G. (1998). Problem solving. *La Chimica nella Scuola*, **20** (3), 86-93.
- Cardellini, L. & Felder, R. M. (1999). L'apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, **21** (1), 18-25.
- Cardellini, L., & Johnstone, A. H. (2005). Problem solving: per migliorare le capacità cognitive. *IS Informatica & Scuola*, **13** (1), 32-35.
- Hayes, J. R. (1989). *The complete problem solver*. 2nd Ed., Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Johnstone, A. (1993). Preface. In C. Wood, (Ed.), Johnstone, A. (1993). *Creative problem solving in Chemistry*. London: The Royal Society of Chemistry, p. IV-VI.
- Johnstone, A. H. (1997). '...And some fell on good ground'. *University Chemistry Education*, **1**, 8-13.
- Johnstone, A. H. (2001). Can problem solving be taught? *University Chemistry Education*, **5** (2), 69-73.
- Mahaffy, P. (2015). Chemistry Education and Human Activity. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregros (Eds.), *Chemistry Education. Best Practices, Opportunities and Trends*. (pp. 3-26). Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Simon, H. A., & Chase, W. G. (1973). Skill in Chess. *American Scientist*, **61**, 394-403.
- Wheatley, G. H. (1984). *Problem solving in school mathematics*. West Lafayette, IN: MEPS Technical Report No. 84.01.
- Zingarelli, N. (1989). *Il nuovo Zingarelli*. Bologna: Zanichelli, p. 1474.
- Tizol, W.P. (1976). Brain function and memory. In J.M.O. Corney & H.L. Center (Eds.), *An inside look at what we think we know*. (pp. 154-184). Springfield, IL: American Psychiatric Press.



# Polarità dell'olio vegetale

Giuseppe D'Angelo

Liceo Scientifico "Leonardo" di Giarre (Catania)

e-mail: sitdang@teletu.it

*L'articolo è molto interessante per i docenti chimici e, nonostante sia trattato in un biennio, potrebbe essere più adeguato per un triennio: quinto anno di un liceo o quarto/quinto anno di un Istituto Tecnico per Chimici.*

**La redazione**

## **Riassunto**

*Definire con sicurezza apolare una sostanza come l'olio d'oliva può rivelarsi un errore grossolano ma di una certa importanza, soprattutto se a farlo è un insegnante. Una semplice esperienza di laboratorio scolastico può mettere facilmente in evidenza la polarità del trigliceride alimentare. Questo lavoro propone di correlare la polarità osservata con la presenza, nella prevalente frazione apolare lipidica, di numerosi composti polari di natura polifenolica. Come verifica indiretta viene utilizzato un estratto di foglie d'ulivo che si dimostra idoneo a rendere analogamente polare l'olio di vaselina, nota miscela idrocarburica tipicamente apolare. I risultati confermano quindi l'ipotesi e le considerazioni biochimiche che ne scaturiscono rappresentano un importante momento di approfondimento scientifico per il docente con evidente positiva ricaduta didattica.*

## **Abstract**

*To define for certain as a non-polar one, substances such as the olive oil can prove to be a big mistake, of some importance however, especially when it is a teacher to do so. A simple experience of school laboratory can easily put in evidence the polarity of the food triglyceride. This work proposes to correlate the polarity observed with the presence, in the prevailing apolar lipid fraction, of many polar compounds of polyphenolic nature. As indirect test, it has been used an extract of olive leaves that proves capable of making equally polar the vaseline oil, known as a typically non-polar hydrocarbon mixture. The results prove the hypothesis and the biochemical considerations that arise are an important stage of scientific analysis for the teacher with obvious positive teaching effect.*

## **Premessa**

Una semplice esperienza di laboratorio ha permesso di evidenziare una certa polarità dell'olio vegetale (es. olio d'oliva). Si tratta di elettrizzare per

strofinio una bacchetta di materiale plastico (plexiglass o altro) e avvicinarla al flusso liquido che fuoriesce da una buretta riempita del liquido oleoso. A causa di tale azione il flusso liquido sposta la sua traiettoria di caduta. Non è possibile giustificare tale comportamento del tutto simile, peraltro, a quello dell'acqua con la costante dielettrica dell'olio. Infatti il valore di tale grandezza è molto diverso (più piccolo) da quello dell'acqua che come sappiamo è il liquido polare per eccellenza. Si è ipotizzato quindi che la causa di un tale comportamento debba ricercarsi nella presenza di composti polari (sostanze polifenoliche, principalmente) presenti nella componente minore non lipidica dell'olio. La polarità di tali composti dovuta alla presenza di numerosi gruppi polari che vanno a costituire la struttura molecolare degli stessi unita alla capacità dei medesimi di formare comunque legami idrofobici con la componente lipidica permette di generare una sufficiente forza in grado di trascinare il flusso liquido uscente dalla buretta. Si predispose quindi una esperienza di verifica indiretta di tale ipotesi. Si tenta, con successo, di fare diventare polare un liquido oleoso tipicamente apolare. Il liquido prescelto è l'olio di vaselina (miscela di idrocarburi del tutto apolari). L'idea è quella di sciogliere in vaselina una quantità di estratto di foglie d'ulivo, contenente le medesime sostanze polari presenti nell'olio e nella stessa proporzione con la quale sono presenti in quest'ultimo. Utilizzando i dati forniti in letteratura riguardanti la composizione qualitativa e quantitativa delle componenti minori polari dell'olio e delle foglie dell'ulivo è stata calcolata la quantità di estratto fogliare necessario per equiparare la vaselina all'olio d'oliva relativamente a pigmenti e composti polari. L'olio di vaselina è stato quindi miscelato con tale estratto che in tal modo ha assunto, peraltro, la tipica colorazione dell'olio d'oliva. La metodologia seguita ha reso effettivamente l'olio di vaselina polare. Tale polarità è stata messa in evidenza con la ripetizione dell'esperienza della bacchetta di plastica elettrizzata. I risultati quindi confermano l'ipotesi avanzata e suggeriscono un approfondimento del concetto di polarità e apolarità con ovvie ricadute didattiche.

### **Introduzione**

Le attività sperimentali realizzate con i ragazzi nei laboratori scolastici rivelano spesso delle interessanti, e a volte imbarazzanti, sorprese scientifiche. Vi è mai capitato di fare l'esperienza della comparazione di polarità tra acqua e altre sostanze (apolari)?

#### ***L'esperienza è semplicissima.***

Si riempie una buretta con acqua (distillata) che è una sostanza tipicamente polare, ed un'altra con una sostanza apolare, ad esempio petrolio (o un idrocarburo specifico). Si carica elettricamente per strofinio una bacchetta di plexiglas (polimetilmetacrilato o PMMA) o più semplicemente

una comune penna a sfera, si apre poi il rubinetto della buretta e si avvicina la penna elettrizzata al filo di fluido che fuoriesce.

Per caricare elettrostaticamente la penna bisogna strofinarla su un panno di pura lana oppure di pile (tessuto sintetico ricavato dal poliestere).

Se l'esperienza la si fa con l'acqua la vena fluida viene deviata dall'attrazione elettrostatica dovuta alla carica accumulata sulla penna che attira la carica di segno opposto presentata dal dipolo acqua.

Se l'esperienza la si fa con il petrolio non si osserva alcuna deviazione del filo liquido.

Fin qui tutto regolare.

Provate adesso a fare tale comparazione utilizzando come presunta sostanza apolare l'olio alimentare (oliva o semi è pressoché la stessa cosa).

Noterete che nonostante si tratti di trigliceridi, noti composti apolari, il filo d'olio che esce dalla buretta subisce, analogamente all'acqua, una deviazione evidente!

Confesso che può essere imbarazzante per l'insegnante dover giustificare l'inatteso risultato che di fatto sconfessa le premesse teoriche dell'esperienza proposta. L'unica causa ipotizzata sul momento di tale comportamento è la presenza dei vari pigmenti e sostanze polari presenti nell'olio. Tuttavia rimane una ipotesi niente affatto facile da dimostrare con una esperienza analoga a quella già proposta. Inoltre non si trova pressoché nulla sui libri scolastici e le consuete fonti mediatiche. In questo breve lavoro si vuole suggerire un metodo analitico (casalingo) per dimostrare come la polarità riscontrata nell'olio alimentare sia realmente attribuibile alle numerose sostanze, variamente polari, presenti in esso.

### **Premessa biochimica**

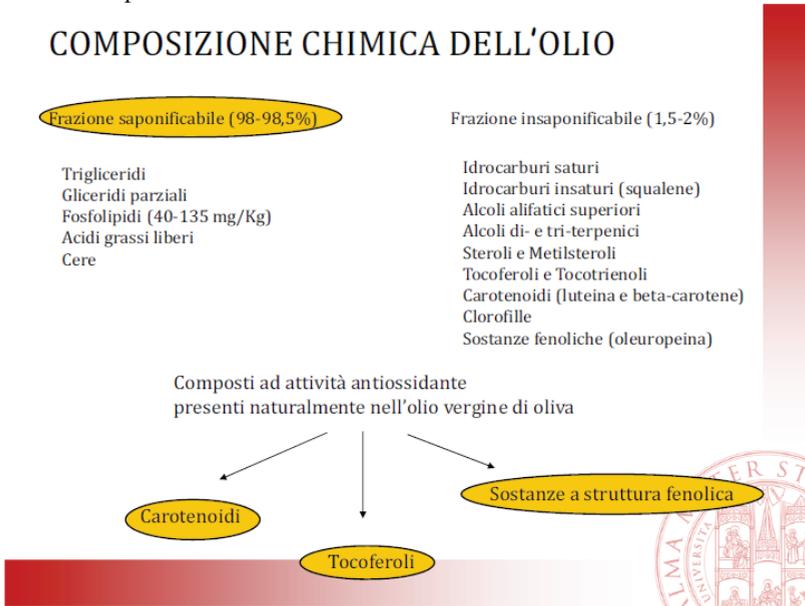
La componente organica prevalente negli oli alimentari come l'olio di oliva è rappresentata da trigliceridi (96%-98%)[1]. Si tratta, come è noto, di esteri del glicerolo con differenti tipi di acidi grassi a lunga catena carboniosa (C14 – C24 nell'olio di oliva). Sono macromolecole apolari in quanto non vi sono gruppi funzionali esposti. I gruppi ossidrilici del glicerolo e i gruppi carbossilici degli acidi grassi sono infatti impegnati nella formazione del legame estere e partecipano in maniera quasi del tutto trascurabile alla polarità della macromolecola. Un olio costituito da trigliceridi in purezza presenta certamente un comportamento apolare (non subisce attrazione elettrostatica) parimenti ad un olio minerale come l'olio di vasellina per uso enologico[2]. I risultati di uno studio[3] hanno dimostrato che in realtà le proprietà dielettriche dell'olio dipendono da differenti fattori. Tra questi l'intervallo di frequenza, il contenuto di umidità (0,002 – 0,31%) e la componente in acidi grassi.

Si è in particolare visto come il "loss factor"[4] degli oli diminuisca con l'aumentare della frequenza dai 100 Hz ai 13,2 kHz, per poi aumentare all'incremento della frequenza. Tale studio ha inoltre evidenziato che la costante dielettrica degli acidi grassi tende ad aumentare all'aumentare del numero di doppi legami o della lunghezza delle catene molecolari. Sia la costante dielettrica che il loss factor degli oli diminuiscono con l'aumentare della temperatura. Per quanto riguarda la presenza di acqua nell'olio, gli autori hanno messo in evidenza come la costante dielettrica degli oli subisce degli incrementi all'aumentare del contenuto di umidità, maggiormente evidenti a basse frequenze di essiccazione. Dai risultati ottenuti in questo esperimento si evince che l'olio e l'acqua hanno valori differenti di costante dielettrica; la costante dielettrica dell'acqua è pari circa a 77,02 mentre per quanto riguarda gli oli si aggira intorno ai 3,04 – 3.20 a 1 MHz e 25°C. La notevole differenza tra le costanti dielettriche provoca effetti sul comportamento dielettrico del prodotto oleario. Le proprietà dielettriche sono influenzate dall'umidità per il modo in cui l'acqua è trattenuta dal materiale. L'acqua chimicamente legata esercita un'influenza minore rispetto all'acqua libera, nella quale le molecole possono orientarsi liberamente con il campo elettrico applicato. Le proprietà dielettriche dell'olio dipendono inoltre da diversi fattori, uno tra i più importanti è la frequenza. Le proprietà dielettriche della maggior parte dei materiali variano con la frequenza del campo elettrico applicato (nella nostra esperienza siamo in presenza di un campo elettrico costante da questo punto di vista). La polarizzazione elettronica risulta essere la causa di questo fenomeno, comporta uno spostamento degli elettroni rispetto al nucleo. Mantenate costanti le altre condizioni, la costante dielettrica diminuisce o rimane costante all'aumentare della frequenza. A basse frequenze i dipoli sono orientati con il campo applicato, quando il campo oscilla seguono invece l'orientamento, infine ad alte frequenze i dipoli non riescono più a mantenere il passo con il campo applicato assumendo così un'orientazione casuale. Come risultato si avrà che in questa regione la costante dielettrica diminuisce all'aumentare della frequenza. Le proprietà dielettriche sono influenzate dalla temperatura e dall'intervallo di frequenze considerato.

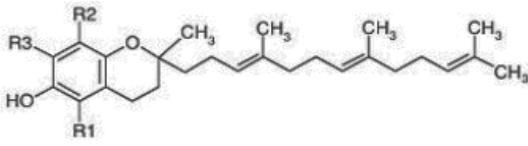
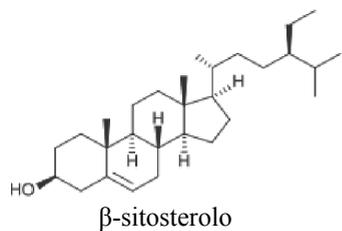
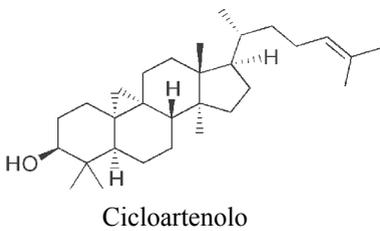
L'effetto della temperatura sulle proprietà dielettriche di materiali alimentari a basso contenuto di umidità sembra essere legato alla mobilità dell'acqua legata. Negli oli a basso contenuto di umidità vi è un aumento dei valori delle proprietà dielettriche. Infine, le proprietà dielettriche dell'olio sono determinate principalmente dalla sua composizione chimica[5].

Le componenti minori presenti nell'olio di oliva annoverano una lunga serie di composti organici, tra saponificabili ed insaponificabili, la maggior parte dei quali presenta una spiccata polarità[6].

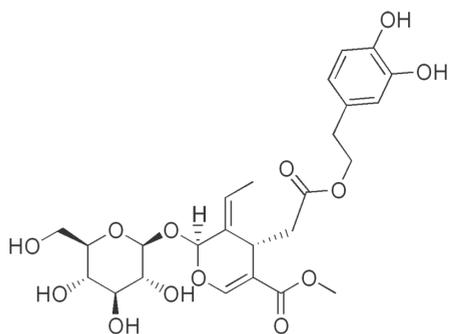
**Tabella 1.** Composizione olio d'oliva



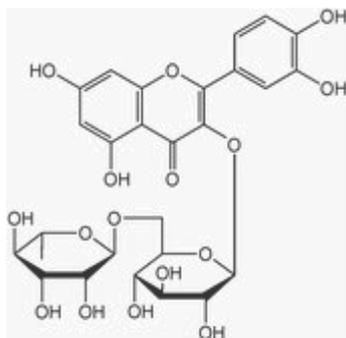
Tra i componenti minori spiccano per polarità: gli alcoli alifatici superiori, gli alcoli di- e tri-terpenici, gli steroli e i metilsteroli, i tocoferoli, le sostanze polifenoliche, clorofille. Di seguito una rappresentazione strutturale di alcune di queste molecole [7-11].



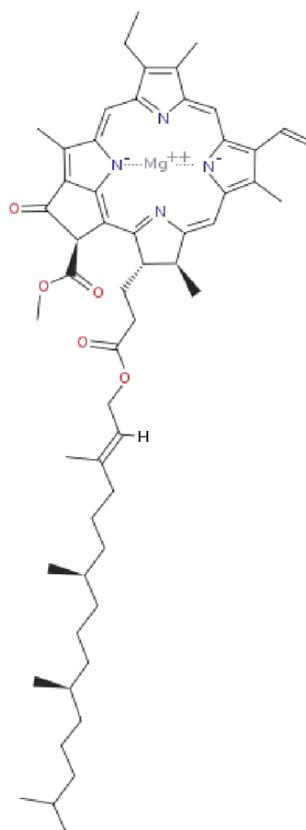
Tocoferoli (struttura base)



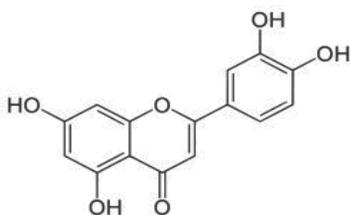
Oleuropeina



Rutina (flavonolo)



Clorofilla alfa



Luteolina (flavone)

Nell'ambito degli esempi riportati va notata l'elevata polarità dei composti polifenolici come la oleuropeina, la rutina e la luteolina. Si tratta di sostanze piuttosto abbondanti nell'olio di oliva, e notevolmente polari come si evince dai numerosi gruppi ossidrilici, eterei, carbonilici ed esterei presen-

ti. Va notato anche che si tratta di macromolecole che presentano uno scheletro carbonioso sostanzialmente idrocarburico in grado di realizzare numerosi legami idrofobici[12] con numerose molecole apolari. In funzione della tipologia di olio vergine da olive il contenuto di acqua è stato visto variare da 300 a 2000 mg per kg di olio, spesso più della soglia di "saturazione" (300-400 mg per kg di olio). Questa acqua è presente in forma di microgocce disperse in olio (emulsione fine o micro emulsione), che vengono stabilizzate dall'aggregazione-dissoluzione di un gruppo di sostanze polari, solubili in acqua e/o acqua-compatibili, acidi grassi liberi, digliceridi, fosfolipidi, sostanze fenoliche. Il contenuto in acqua dipende soprattutto dal tipo di processo tecnologico impiegato nella produzione dell'olio vergine da olive e la sua presenza può influire sulla stabilità dell'olio durante la conservazione. L'acqua ha un'importante azione di dissoluzione delle molecole più polari a struttura fenolica e polifenolica, che svolgono un'azione antiossidante fondamentale per la matrice lipidica, stabilizzandone la presenza in dispersioni colloidali[13].

Partendo dall'analisi chimica dell'olio d'oliva così come definita da valide fonti[6,14 -18] si è ricavata la tabella 2.

**Tabella 2.** COMPOSIZIONE OLIO D'OLIVA

|  | % p/p    | g/l<br>corrispondenti | % Parz.  | Polarità  | Totale frazione<br>molare apolare<br>e polare media<br>% | Totale frazione<br>molare apolare<br>e polare max<br>% |    |
|--|----------|-----------------------|----------|-----------|--|--|----|
| Trigliceridi   | ≈96-98   | 864-882               |          | no        | ≈97,5  | ≈98,8  |    |
| Cere (30-130 mg/Kg)  | 0,0075   | 0,0675                |          | no        |  |  |    |
| Idrocarburi saturi   | 0,15-0,8 | 1,35-7,2              |          | no        |  |  |    |
| Idrocarburi insaturi<br>(squalene)                                 |          |                       |          | no        |  |  |    |
| Alcoli alifatici superiori   | ≈1,8-3,8 | 16,2-34,2             |          | si        | ≈3   | ≈4   |    |
| Alcoli di- e tri-terpenici   |          |                       |          | si        |  |  |    |
| Steroli e Metilsteroli   |          |                       |          | si        |  |  |    |
| Fosfolipidi (40-135<br>mg/Kg)                                      |          |                       |          | si        |  |  |    |
| Tocoferoli e Tocotrienoli<br>(5-300 mg/Kg)                         |          |                       |          | si        |  |  |    |
| Carotenoidi (luteina e<br>beta-carotene)                           |          |                       |          | si        |  |  |    |
| Clorofille   |          |                       |          | si        |  |  |    |
| Sostanze fenoliche (oleu-<br>ropeina ed altre) (200-<br>500 mg/Kg) |          |                       |          | 0,02-0,05 |  |  | si |
| Acqua (1000-2000<br>mg/Kg)   |          |                       | ≈0,1-0,2 | 0,9-1,8   |  |  |    |

I dati riportati nella tabella 2 saranno utilizzati per definire le quantità di sostanze, genericamente definite polari, utilizzate nell'attività sperimentale di seguito esposta.

### **Obiettivi, principi teorici e logica procedurale**

In questo lavoro si vuole dimostrare la stretta correlazione tra la presenza di sostanze polari nell'olio e le sue capacità elettrostatiche evidenziabili nel modo come descritto nella parte introduttiva. Si intende quindi dimostrare indirettamente la polarità dell'olio alimentare rendendo polare una sostanza notoriamente apolare quale è l'olio di vasellina tramite l'aggiunta di componenti biochimiche polari ricavate direttamente dalle foglie d'ulivo. Si procederà quindi con l'estrazione alcolica dei componenti fogliari che verranno aggiunti ad una determinata quantità di olio di vasellina nella stessa proporzione con cui sono presenti nell'olio d'oliva. Si ritiene che le sostanze organiche polari presenti nelle foglie che corrispondono per tipologia a quelle presenti nel frutto espolichino una sorta di azione anfipatica nei confronti dei trigliceridi legandosi ad essi per via dei legami idrofobici (e quindi miscelandosi a questi ultimi in maniera uniforme).

La parte polare di tali componenti organiche rimane tuttavia consistentemente soggetta alle interazioni elettrostatiche. Pertanto le molecole polari poste sulla superficie del tenue filo d'olio che fuoriesce dalla buretta venendo attratte dalla bacchetta elettrizzata trascinano anche le molecole apolari (trigliceridi sostanzialmente) ad esse intimamente legate per la parte apolare. In tal modo, nonostante la bassa costante dielettrica dell'olio, le forze elettrostatiche sono comunque sufficienti a deviare un sottilissimo filo d'olio uscente da una buretta ed in caduta libera. Si tratta pur sempre di una massa modestissima che viene spostata lungo una superficie gravitazionale equipotenziale.

Tra le sostanze polari presenti nelle foglie d'ulivo i polifenoli rappresentano la tipologia di composti a maggiore carica. In particolare va tenuta in considerazione la oleuropeina per la sua abbondanza (1,5% – 2% dalle foglie fresche). Si tratta di un composto organico costituito dal fenolo 3,4-diidrossifeniletanolo, da una unità monoterpeneica iridoide (acido olenolico) e dal glucosio [19-21]. E' stata quindi presa in considerazione questa sostanza come composto di riferimento per il calcolo della massa (in g) di foglie di ulivo da utilizzare per l'estrazione dei componenti.

Le seguenti tabelle ricavate dal lavoro di Fabbri et Al. [22] la prima e dal lavoro di O. Garcia-Martinez et. Al. la seconda [23] ha permesso di stimare in modo approssimato il contenuto in oleuropeina delle foglie di ulivo ed il rapporto quantitativo con quello dell'olio.

**Tabella 3.** Oleuropein content (mg/g of leaves) in different cultivars as a function of collection time (std. dev. are given in parentheses).

| Cultivar         | May         | July         | December     |
|------------------|-------------|--------------|--------------|
| Maurino          | 4.80 (0.12) | 0.63 (0.10)  | 1.50 (0.05)  |
| Leccio del Corno | 2.16 (0.09) | 7.43 (0.08)  | 2.16 (0.06)  |
| Picholine        | < LOQ       | 0.23 (0.11)  | 11.93 (0.08) |
| Leccino          | < LOQ       | 1.12 (0.07)  | 1.99 (0.11)  |
| Ascolana Tenera  | < LOQ       | 10.42 (0.12) | 14.03 (0.13) |
| Pendolino        | < LOQ       | 6.60 (0.05)  | 9.69 (0.12)  |

LOQ: 0.05 mg/g, LOD: 0.02 mg/g

**Tabella 4**

|   | Phenolic compound contents ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in Sicilian virgin olive oils |                          |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|---|---|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|   | Biancolilla   | Passulunara              | Tonda iblea             | N. del belice           | Organic N. del belice   | N. etnea 0 m            | N. etnea 100 m          | N. etnea 900 m          |
| <b>Phenol alcohols</b>  |   |                          |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Hydroxytyrosol  | 4.26±0.12 <sup>e</sup>  | 8.03±0.23 <sup>c</sup>   | 8.01±0.31 <sup>c</sup>  | 9.93±0.18 <sup>a</sup>  | 8.93±0.15 <sup>b</sup>  | 4.35±0.09 <sup>e</sup>  | 6.35±0.25 <sup>d</sup>  | 6.11±0.14 <sup>d</sup>  |
| Tyrosol   | 3.90±0.11 <sup>c</sup>  | 4.06±0.18 <sup>b,c</sup> | 3.32±0.10 <sup>d</sup>  | 4.53±0.15 <sup>a</sup>  | 4.24±0.08 <sup>b</sup>  | 2.12±0.03 <sup>f</sup>  | 3.27±0.01 <sup>d</sup>  | 2.53±0.05 <sup>e</sup>  |
| <b>Secoiridoids</b>   |   |                          |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Decarboxymethyl oleuropein aglycone, oxidized dialdehyde form | 34.40±2.81 <sup>a</sup>   | 22.20±3.42 <sup>b</sup>  | 12.39±1.20 <sup>c</sup> | 21.93±2.18 <sup>b</sup> | 20.98±1.97 <sup>b</sup> | 31.43±4.05 <sup>a</sup> | 35.68±2.12 <sup>a</sup> | 11.46±1.34 <sup>c</sup> |
| Decarboxymethyl oleuropein aglycone, dialdehyde form          | 18.49±1.26 <sup>a</sup>   | 3.24±1.31 <sup>b</sup>   | 0.47±0.09 <sup>e</sup>  | 0.52±0.01 <sup>d</sup>  | 0.43±0.05 <sup>e</sup>  | 0.60±0.02 <sup>c</sup>  | 0.30±0.01 <sup>f</sup>  | 0.50±0.012 <sup>d</sup> |
| Oleuropein aglycone dialdehyde form                           | 1.98±0.02 <sup>c</sup>  | 0.23±0.01 <sup>e</sup>   | 0.54±0.04 <sup>d</sup>  | 0.59±0.02 <sup>d</sup>  | 0.62±0.07 <sup>d</sup>  | 2.72±0.01 <sup>b</sup>  | 9.78±0.08 <sup>a</sup>  | 0.50±0.02 <sup>d</sup>  |

Il campione di foglie è stato raccolto da due piante di Nocellara dell'Etna di circa 50-60 anni di età situate in zona collinare (circa 350 m s.l.m.) del Comune di Mascali (CT). Il prelievo è stato effettuato nel mese di luglio 2015. Come è possibile ricavare dalla tabella 4 il contenuto totale in oleuropeina per la Nocellara Etnea in zona collinare si aggira sui 40 – 50 mg/Kg (concentrazione intesa come somma dei contenuti delle differenze forme chimiche nelle quali è presente l'oleuropeina).

Il contenuto medio di oleuropeina delle foglie ricavabile invece dalla tabella 3 per il periodo di luglio raggiunge livelli circa 100 volte superiori (circa 4500 mg/Kg). Si noti che tra i valori specifici utilizzati per ricavare questo livello medio di oleuropeina nelle foglie non è presente quello specifico della varietà Nocellara Etnea.

Tuttavia si ritiene che questa approssimazione non comprometta la validità del procedimento seguito. Con volontà di approssimazione si vuole adesso estendere questo rapporto quantitativo tra foglie e olio appena ricavato per l'oleuropeina a tutte le altre componenti polari. Sotto tale logica 10 g di foglie contengono circa la stessa quantità di sostanze polari (fenoliche e non) presenti in un Kg di olio d'oliva.

## **Materiali e metodi**

Fasi procedimento seguito:

1. Si raccolgono un congruo numero di foglie
2. Si lasciano essiccare le foglie per 4 giorni al sole diretto.
3. Le foglie vengono poi macinate fino ad ottenere una polvere.
4. Si inseriscono 10 grammi di polvere di foglie in un flacone e si aggiungono 40-50 mL di alcool etilico (lasciare in bagno d'alcool per 1-2 giorni).
5. Si filtra su dischetto di carta assorbente e si raccoglie il filtrato.
6. Si aggiunge altro alcool alla polpa residua e si rifultra.
7. Si ripete la fase precedente.
8. Si fa evaporare in bagnomaria (su fornello) l'alcool dal filtrato fino a ridurre quest'ultimo a consistenza cremosa (l'operazione andrebbe fatta a temperatura ambiente sottovuoto). La quantità d'acqua residua presente nel prodotto evaporato è stimata in circa 1-2 mL
9. Si aggiungono 20 mL di olio di vasellina al filtrato appena preparato (mescolare) .
10. Si prelevano 10 mL della miscela appena preparata che vengono aggiunti a circa 0,5 litri di olio di vasellina (i mL utilizzati sono determinati dalla quantità di olio di vasellina utilizzato).
11. Si agita il miscuglio che si colora uniformemente di verde in modo del tutto analogo alla pigmentazione dell'olio di oliva.
12. Predisporre le apparecchiature dimostrative (buretta con relativo treppiedi, bacchetta in plexiglas o penna a sfera, panno di lana, ecc. )
13. Verificare con la buretta riempita con olio di vasellina puro che non vi sia alcuna deviazione del filo d'olio uscente quando si avvicina la bacchetta elettrizzata.
14. Riempire poi la buretta con l'olio di vasellina miscelato con l'estratto delle foglie di ulivo e verificare questa volta la deviazione del filo d'olio uscente.

## **Conclusioni**

Questa semplice esperienza condotta, come si è visto, con una elementare strumentazione non ci ha svelato nulla di cui non si conoscesse già o che non fosse facile prevedere. Ha solo il pregio, se glielo vogliamo riconoscere, di averci permesso di fare un approfondimento sulla natura polare/apolare delle sostanze e come questa possa rendersi manifesta in specifici contesti fisici che, considerati in maniera generica e superficiale, possono portarci a conclusioni sbagliate o, quantomeno, lasciarci perplessi.

In ultima analisi possiamo dire che la "polarità" degli oli alimentari dipende dal fatto che sebbene l'olio (in particolare l'extravergine di oliva) sia

per la maggior parte costituito da trigliceridi, non può essere considerato una matrice omogenea a causa della presenza di numerosi composti minori, tra cui anche tracce di acqua, che vengono trasferiti dal frutto all'olio durante il processo di trasformazione tecnologica. I composti anfifilici come i mono e digliceridi, gli acidi grassi liberi, gli steroli ed i fosfolipidi presenti, si aggregano spontaneamente all'interfaccia acqua-olio mediante interazioni idrofobiche/idrofiliche per formare aggregati colloidali e dare origine a "micelle inverse". Composti con un certo grado di polarità quali le molecole a struttura fenolica e tracce di aminoacidi e zuccheri si dispongono preferenzialmente all'interno di tali micelle dove si trova l'acqua. Ciò provoca la deflessione del filo d'olio uscente dalla buretta della nostra esperienza quando ad esso si avvicina un oggetto carico elettrostaticamente.

### **Bibliografia e sitologia**

- [1] <https://it.wikipedia.org/wiki/Trigliceridi>
- [2] <https://it.wikipedia.org/wiki/Paraffina>
- [3] Lizhi H., Toyoda K., Ihara I. (2008). "Dielectric proprieties of edible oils and fatty acids as a function of frequency, temperature, moisture and composition". *J. Food Eng.* **88**: 151-158.
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Dielectric\\_loss](https://en.wikipedia.org/wiki/Dielectric_loss)
- [5] [http://amslaurea.unibo.it/4979/1/Kuti\\_Anton\\_tesi.pdf](http://amslaurea.unibo.it/4979/1/Kuti_Anton_tesi.pdf)
- [6] Aspetti compositivi dell'olio d'oliva. Tullia Gallina Toschi. Alma Mater Studiorum – Università Bologna. Dipartimento e Campus di Scienze Alimentari. <http://www.uniba.it/ateneo/facolta/agraria/notizie-ed-eventi-locali/archivio-notizie-ed-eventi/notizie/aspetti-compositivi-oli-doliva-gallina-toschi.pdf>.
- [7] <https://it.wikipedia.org/wiki/Clorofilla>;
- [8] <https://it.wikipedia.org/wiki/Oleuropeina>;
- [9] <https://it.wikipedia.org/wiki/Tocoferolo>;
- [10] <https://it.wikipedia.org/wiki/%CE%92-sitosterolo>;
- [11] <https://it.wikipedia.org/wiki/Terpeni>.
- [12] [https://it.wikipedia.org/wiki/Effetto\\_idrofobico](https://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_idrofobico)
- [13] Bendini A., Cerretani L., Carrasco-Pancorbo A., M. Gómez-Caravaca A., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A., Lercker G., (2007). "Phenolic molecules in virgin olive oils: a survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods: an overview of the last decade" *Molecules*. **12**: 1679-1719.
- [14] Caratterizzazione fisico-chimica e stabilità ossidativa degli oli di oliva delle varietà: 'Picholine marocaine', 'Haozia', 'Koroneiki' e 'Arbequina' della regione olivicola centrale del Marocco (Chaouia-Ouardigha) - *OLIVÆ* No. 119 Luglio 2014
- [15] Relazione presentata all'Incontro Tecnico-Scientifico: "Il ritorno dell'olivo nel Parmense", tenutosi presso l'Azienda Gavinell, Salsomaggiore Terme (PR), il 27 maggio 2000

- [16] Mailer, R.J., Ayton, J. and Graham K. (2010) The Influence of growing region, cultivar and harvest timing on the diversity of Australian olive oil, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 87:877-884. - See more at:  
<http://www.teatronaturale.it/strettamente-tecnico/1-arca-olearia/9871-le-cere-nell-olio-d-oliva:-fattori-genetici-e-ambientali.htm#sthash.k6neIwTP.dpuf>
- [17] <http://www.torrimedica.it/parafarmaci/sostanze/olivo.asp#axzz3gnrZ2Je9>
- [18] <https://www.pantheum.net/pdf/Olife-scheda-tecnica.pdf>
- [19] La corteccia di ulivo fonte economica di zuccheri e polialcoli – G. Angelini et. Al.. Istituto sperimentale per la Elaiotecnica – Contrada Fonte Umano – Città di S. Angelo (PE). <http://www.doc4net.it/doc/2289119085401>
- [20] Il più grande dono della natura - L'albero della Vita.  
<https://www.pantheum.net/pdf/Olife-scheda-tecnica.pdf>
- [21]- Relazione presentata all'Incontro Tecnico-Scientifico: "Il ritorno dell'olivo nel Parmense", tenutosi presso l'Azienda Gavinell, Salsomaggiore Terme (PR), il 27 maggio 2000. [http://www.erboristeriarcobaleno.it/pdf/calcolosi/relazione\\_olivo.pdf](http://www.erboristeriarcobaleno.it/pdf/calcolosi/relazione_olivo.pdf)
- [22] Polyphenol Composition of Olive Leaves with Regard to Cultivar, Time of Collection and Shoot Type - A. Fabbri et Al. Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale Università degli Studi di Parma-Parco Area delle Scienze.  
[http://www.researchgate.net/publication/234115812\\_Polyphenol\\_composition\\_of\\_olive\\_leaves\\_with\\_regard\\_to\\_cultivar\\_time\\_of\\_collection\\_and\\_shoot\\_type](http://www.researchgate.net/publication/234115812_Polyphenol_composition_of_olive_leaves_with_regard_to_cultivar_time_of_collection_and_shoot_type)
- [23] Phenolic content of Sicilian virgin olive oils and their effect on MG-63 human osteoblastic cell proliferation. O. García-Martínez et. Al. 2014  
<http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewArticle/1497/1574>

# Le dodici pietre: il Sardonio

Pasquale Fetto  
pasquale.fetto@didichim.org

## **Riassunto**

*In questo lavoro la narrazione storica, simbolica, talismanica e l'analisi delle virtù curative e chimico fisiche della pietre preziose è rivolta al Sardonio che è la prima gemma della prima fila del Pettorale del Giudizio. Oggi questa pietra è conosciuta come Cornalina.*

**Parole chiave:** Sardonio, Cornalina, pettorale del giudizio, lapidario, lapidario estense,

## **Abstract**

*In this paper the historical narrative, symbolic, talismanic and analysis of chemical and physical healing properties of gemstones is paid to Sardonium is the first gem of the first row of the Breastplate of Judgment. Today this stone is known as Cornelian.*

**Keywords:** Sardonium, Carnelian, breastplate of judgment, lapidary, lapidary Este.

## **Premessa**

Prima di dedicarsi alle notizie storiche e alle caratteristiche fisiche, simboliche e traumaturghe della cornalina ritengo che sia opportuno accrescere le informazioni in merito ai Lapidari<sup>1</sup> Medioevali.

Il **Lapidario** è un'opera letteraria medievale di carattere didattico-scientifico, in cui sono descritte, secondo le tradizioni classiche ed orientali, le pietre rare e preziose di vario genere e le loro virtù curative e talismaniche. I lapidari sono ispirati a interpretazioni simbolico-allegoriche della natura, o a fini più specificatamente 'scientifici'.

L'interesse manifestato nel Medioevo era rivolto al mondo fisico ed emotivo indagando soprattutto la dimensione simbolica. Ne sono riprova i lapidari (o libri delle gemme), attraverso i quali vengono esposte qualità e virtù di quelle pietre che sono considerate l'eccellenza del regno minerale.

---

1. Il **lapidario** è genericamente una raccolta di pietre, sassi, rocce. Per significato traslato vengono così chiamati gli ambienti dove sono custodite le collezioni dei reperti lapidei, frequenti nei musei, soprattutto in quelli di storia naturale o archeologici. (quindi si applica anche a pietre scolpite, lavorate, frammenti architettonici, iscrizioni su pietra).

Due lapidari medievali in circolazione in Italia, probabilmente riscritture dei trattati mineralogici più diffusi quali il *De lapidibus* del vescovo Marbodo<sup>2</sup> o del *De proprietatibus rerum* di Bartolomeo Anglico<sup>3</sup>, erano i testi scientifici dai quali si potevano trarre informazioni che sarebbe difficile spiegare altrimenti: risalgono alla stessa altezza cronologica del Lapidario Estense.

I lapidari, ricavati da quelli di Marbodo e di Anglico, trovarono ampia diffusione fino al Rinascimento, in prosa o versi, in latino, francese, spagnolo, italiano.

### 1. Sardonio

Il **Sardonio** termine non più in uso, frequente nei testi antichi per indicare la pietra preziosa che oggi si chiama Cornalina.

Il sardonio viene citato nella Bibbia (Esodo 28:17); in altre citazioni, a volte, il sardonio è sostituito con il termine cornalina (Esodo 39:8).

Il sardonio è posto nella prima fila del Pettorale del Giudizio (Figura 1-2).

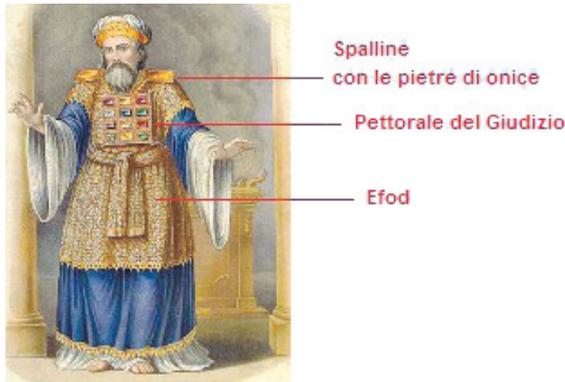


|           |         |          |
|-----------|---------|----------|
| Cornalina | Topazio | Smeraldo |
| Turchese  | Zaffiro | Berillo  |
| Giacinto  | Agata   | Ametista |
| Crisolito | Onice   | Diaspro  |

**Figura 1.** Pettorale del Giudizio: Le gemme, il colore e la posizione sul pettorale

2. Marbodo di Rennes (1035-1123), vescovo di Rennes, prelado e poeta medievale autore di un poemetto *De lapidibus* e di altri tre testi di argomento litologico, due in prosa e uno in versi scritti, presumibilmente, nel 1096.

3. Bartolomeo Anglico da Bologna (secolo XIII), filosofo francescano dell'ordine dei frati minori. Studiò a Parigi e nel 1231 si trasferì come insegnante in Sassonia, in seguito divenne maestro di teologia prima a Parigi (dal 1270 al 1276), poi a Bologna nel 1282. Dal 1285 al 1289 fu ministro della provincia di Bologna. Dal 1294 non si ebbero più sue notizie. Tra i suoi scritti ricordiamo i 19 libri del *De Proprietatibus Rerum*, opera enciclopedica (1250); questa opera ebbe grande rilevanza nel Medioevo (si conoscono 15 edizioni delle quali la prima del 1470 fu stampata a Basilea e le altre furono stampate prima del 1500). L'opera fu tradotta nel '300 in francese e inglese, nel '400 in tedesco e in olandese. Ad Anglico sono attribuiti 41 *Quaestiones disputatae*, alcuni sermoni, e un trattato dal titolo *De luce*, che si inquadra nella tradizione francescana della "metafisica della luce".



**Figura 2.** "Sommo Sacerdote" ebraico con il Pettorale del Giudizio. Disegno tratto da: *The history of costume* di Braun & Schneider" pubblicata negli anni 1861-1880.

Ogni Tribù di Israele ha come simbolo una delle dodici pietre del pettorale (Esodo 39:14) e il nome della tribù è inciso sulla pietra corrispondente (Figura 3).

|  |   |  |
|--|---|--|
| <br>Cornalina (Sardonio)<br><b>Levi</b> | <br>Topazio<br><b>Simeone</b>  | <br>Smeraldo<br><b>Ruben</b>    |
| <br>Turchese<br><b>Nephtali</b>       | <br>Zaffiro<br><b>Dan</b>    | <br>Berillo<br><b>Giuda</b>   |
| <br>Giacinto<br><b>Isacco</b>         | <br>Agata<br><b>Asher</b>    | <br>Ametista<br><b>Gad</b>    |
| <br>Crisolito<br><b>Beniamino</b>     | <br>Onice<br><b>Giuseppe</b> | <br>Diaspro<br><b>Zabulon</b> |

**Figura 3** – Schema rappresentativo della posizione delle gemme nel Pettorale del Giudizio.

Nel «Lapidario estense», del trecento, viene descritto come pietra di tre colori: bianco, ero e rosso, tutti chiari<sup>4</sup>. In altre pubblicazioni viene descritto come una varietà di calcedonio simile alla corniola ma più scura. In uno dei primi trattati in volgare *La composizione del mondo con le sue cascioni* di Restoro d'Arezzo<sup>5</sup> (anno 1282) viene descritto come pietra nera, bianca e di altri colori.

Altre citazioni, assieme al diaspro, viene fatta da Umberto Eco nel suo romanzo *Il nome della rosa*. Altre segnalazioni si trovano: nella *Gerusalemme Conquistata* di Torquato Tasso e nel *Il piacere* di Gabriele D'Annunzio.

La Cornalina è una varietà di Calcedonio e appartiene alla famiglia dei Quarzi. È una pietra semipreziosa, molto diffusa e conosciuta, di un bel colore rosso-arancio-bruno-marrone.

La variabilità della colorazione, con infinite combinazioni è data dalla presenza di ossidi di ferro.

Il calcedonio (quarzo microcristallino) si presenta sotto innumerevoli gamme di colori; il colore della varietà di calcedonio, detta *sardonica* o *sarda*, comprende i toni dal giallastro al marrone, invece nel caso del calcedonio detto corniola il colore comprende le varietà del rosso, nelle tonalità arancio miele viene detta corniola gemmaria. La sardonica e la corniola sono utilizzati nella produzione di cammei. I romani, i greci e gli egiziani avevano una grande cura nella scelta degli anelli. Oltre a contraddistinguere l'appartenenza ad una collettività, ad una *gens*, ecc, avevano assai spesso funzioni protettive, apotropache. Ad esempio l'anello etrusco istoriato dietro uno scarabeo rappresenta Ercole armato di clava vicino ad una fonte con evidenti funzioni magiche; (vedi figure riportate di seguito). Questa particolare funzione degli anelli prosegue nei miti e nelle fiabe di tutta l'umanità. (**Appendice A**)



Gemme di Calcedonio



Gemma etrusca di corniola



Corniola

4. Il **Lapidario Estense** è stato ripreso per una nuova edizione, stavolta con un corredo di note rivolte a inquadrare meglio il testo nel genere dei lapidari (Lapidario Estense, a cura di P. Tomasoni, Milano, Bompiani, 1990).

5. **Restoro d'Arezzo**, cosmografo del XIII secolo, di lui abbiamo poche notizie. Si sa che fu frate e che compilò il trattato, scritto in lingua volgare, dal titolo *Della composizione del mondo* (1282); possiamo definire il trattato come un'enciclopedia scientifica in 8 libri.



Cammeo di corniola



Immagine di Ercole  
su anello



Scarabeo  
su corniola



Sardonica

La cornalina, detta anche **corniola** è una pietra che viene molto spesso ingiustamente sottovalutata. Il nome di questa splendida pietra deriva dal latino “carnis,” che significa “carne”, così chiamata per la sua colorazione rossastra, semitrasparente o traslucida.

*"La cornalina è una calcedonia rossa, che una volta era chiamata a cagione del suo colore, che è rosso incarnitino. Travasi, come le altre calcedonie, nelle antiche lave, e sovente presso alle calcedonie bianche. Pare, che i colori di queste pietre derivino da una ben tenue cagione, poichè esistono pezzi di lava d'alcuni pollici di diametro, in cui veggonsi calcedonie bianche, verdi, gialle, rosse ec. Egli è vero che sono piccole pietre di due in tre linee di diametro: ma il volume poco influisce sulla teoria..."*

La descrizione continua con la parte sitologica mineraria della cornalina. Gli esemplari più belli si trovavano nella antica Babilonia sulle rive dell'Eufrate, nell'Arabia, lungo il golfo Persico ed il Mar Rosso.[1]

In Europa i giacimenti si trovano in Sardegna, sulle rive del Reno, in Boemia, in Silesia; queste pietre non sono di buona qualità e in generale hanno una pasta ordinaria di colore macchiato.

La cornalina per essere bella deve avere una pasta fine ed un colore rosso vivo, netto e uniforme.

Fra le calcedonie del fiume Amour si trovano cornaline di bellissima pasta, ma sono rarissime. La cornalina onice è formata di parecchi strati alcuni di calcedonia altri di cornalina; quando gli strati sono ben definiti si utilizzano gli strati di cornalina per i cammei mentre gli strati di calcedonia bianca chiamata Cachalon si utilizza come fondo.

## 2. La pietra del tuono

Nell'Antica Roma le pietre cuneiformi ritrovate nei campi dai contadini erano ritenute di origine celeste, strettamente correlate ai fulmini. Venivano chiamate *cerauniae* (greco *keranos* = folgore) e quindi legate al dio Giove in quanto, sempre secondo le credenze romane, erano l'effetto materiale delle saette scagliate dal dio sulla terra.

Plinio il Vecchio scrive nella sua *Naturalis historia* che questa strana pietra “*imprigiona il bagliore delle stelle, è in sé cristallina, ma di splendore ceruleo*”.

Nella cultura dotta romana si distinguevano anche pietre simili ma con colorazioni diverse, anche nere o rosse. Plinio parla di una varietà rarissima, dai poteri straordinari, cercata dai Maghi per fini esoterici.

Dice Plinio: "l'Ombria è una pietra, la quale cade colla pioggia e con le saette, come ancora la Ceraunia, e la *Bronzia* o *Brontea* dal greco *βροντή*, detta da alcuni *Nozia*, e che ha il medesimo effetto, che ha la Brontea: e dicono, che ponendola nell'altare, e ne' Sacrifici degli idrolatri, non ardono." [2]

Le caste sacerdotali, tra gli Etruschi, erano specializzate nelle interpretazione dei messaggi divini in base all'ossevizazione dei visceri degli animali, del volo degli uccelli e della forma e caduta dei fulmini. Pensare che la ricerca di queste pietre non si perda nella cultura etrusca è più che ragionevole, si può ipotizzare che questa ricerca sia stata in uso in epoche precedenti.

Nei lapidari medievali la silice appuntita è chiamata *pietra del tuono*; si credeva, infatti, che fosse la punta di un fulmine caduto a terra. Si riteneva che un fulmine non cadesse mai due volte sullo stesso punto, le pietre del tuono venivano ricercate e appese al collo delle persone per proteggerle dai fulmini, oppure murate sui tetti delle case affinché le saette si dirigessero altrove.

Il geologo e naturalista torinese Bartolomeo Gastaldi<sup>6</sup> scrive che in alcune aree del Piemonte sono state ritrovate, nel corso del tempo, pietre levigate con un lato appuntito e l'altro piatto. Secondo le antiche tradizioni, la luce e l'energia del fulmine che si scaricavano nel terreno si concentravano in pietre verdi chiamate *sfolgorine*.

Ancora oggi i contadini le chiamano “*Preie del Tron*” pietre del tuono.

Nel XVIII secolo i contadini quando trovavano queste pietre le custodivano, accuratamente in casa, come un talismani e all'approssimarsi dei temporali, quando il cielo diventava ricco di nuvole tempestose, un abitante della cascina, (solitamente un ragazzino o una ragazzina) prendeva la sfolgorina e la gettava nel cortile (per poi recuperarla a fine temporale). In questo modo, secondo la credenza, l'abitazione sarebbe stata protetta dalle folgori.

---

6. **Bartolomeo Gastaldi** (1818-1879) professore di geologia e mineralogia nella Scuola d'ingegneria a Torino, fu tra i fondatori e sostenitori del Club alpino italiano. Socio dei Lincei (1875). Coltivò tra le scienze la paleontologia, scoprendo nuove faune, e la paleontologia, in cui fu un precursore. Fu tra i primi a sostenere l'idea dell'origine glaciale degli anfratetri morenici delle regioni subalpine italiane.

In realtà, quando i fulmini cadono sulla terra, si creano formazioni molto particolari a seconda della composizione delle rocce e del terreno.

Sulle rocce si tratta di croste vetrificate usualmente di piccola estensione (qualche cm di diametro).

Sulla sabbia (deserti e spiagge con una composizione prevalentemente silicea) possono formarsi per fusione forme cilindriche ramificate (diametro dai 3 ai 5 cm.) di sostanza vetrosa amorfa. A volte possono assumere anche forme a spirale. I colori variano ovviamente dalle impurità minerali presenti nella sabbia (marroni, nere, bianche ecc.). Queste strutture tubolari possono anche ramificarsi nel sottosuolo per diversi metri, seguendo le linee energetiche di scarico del fulmine nel terreno.

Gli studi e le conoscenze scientifiche hanno fatto sì che *le pietre del tuono* perdessero il loro significato magico e venissero collocate nei musei e studiate per ciò che realmente sono: oggetti che, tramandati attraverso le generazioni, hanno evidenziato il difficile percorso dell'uomo.

Bartolomeo Castaldi scrive ancora: le pietre a forma di accetta, ritrovate nelle Langhe, sono chiamate *cou de losn* (cote del lampo) e il nome "cote" si deve in quanto utilizzate per affilare le falci. In realtà queste pietre erano gli strumenti levigati dall'uomo Neolitico di uso comune (asce, raschiatoi, coltelli ecc.).

Si ritiene che, già dal tempo dei Romani e degli Etruschi, le pietre del tuono fossero incorporate nelle fondamenta delle case o murate sui tetti per allontanare gli effetti devastanti dei fulmini, come pure il malocchio o, più in generale, ogni tipo di incidente, malattia ecc..

Le più piccole furono anche impiegate come ciondoli o più semplicemente portate nelle tasche degli abiti per gli stessi motivi. (**Appendice B**)

### 3. Simbologia e leggenda

La **Corniola** è conosciuta fin dall'antichità; per gli antichi Egizi era il simbolo della vita ed aveva il compito di accompagnare i defunti durante il viaggio verso l'aldilà. Con essa venivano scolpiti molti animali sacri come l'ariete di Amon e il falco Horus.

Per il suo colore rosso fu associata dagli Egizi alla dea Iside. La dea, ritrovando le membra dell'amato marito Osiride, ucciso dal fratello Set, le ricompose riportandolo in vita.

Per il Buddhismo simboleggia la saggezza.

Si dice che portarla con sé sia **indice di vittoria assicurata**.

### 4. Virtù terapeutiche

La Corniola aiuta nella comprensione del Sé interiore, portando chiarezza nella mente. Aiuta a mettere in pratica idee e progetti rafforzando e motivando la concentrazione. Questo apporto è di valido aiuto anche nel parlare

in pubblico, aumentando di riflesso l'autostima. È una pietra di potere che apporta successo nella propria vita, gioia e felicità. Aiuta, inoltre a guarire dalla gelosia e dall'invidia.

È un rimedio antico ed evoluto. È creatrice di energie e procura calore. È un ottimo e potente antinfiammatorio; facilita l'assimilazione e l'assorbimento del cibo e aiuta a metabolizzare e ad elaborare.

### **5. Effetto sulla psiche**

Rafforza il legame con la Terra, allineando il corpo fisico con quello spirituale e portando l'individuo ad apprezzare e a godere anche dei piaceri del mondo, è consigliata alle persone che sono troppo "spirituali" e con la testa tra le nuvole favorendo, quindi, anche la concentrazione ed aiutando l'individuo a restare nel presente.

Essa aiuta l'anima nell'identificazione con il piano fisico, liberando energie bloccate che una volta libere eliminano apatia, concedendo stabilità, concentrazione, creatività così da far realizzare obiettivi pratici.

A livello emotivo aiuta a liberare dall'odio, dall'invidia e dalla gelosia, conferendo la capacità di poter gestire il proprio stato emotivo.

A livello spirituale ci aiuta a congiungere la nostra parte terrena (mentale-fisica) a quella più interiore e profonda (spirituale).

Ci insegna ad armonizzare e a bilanciare gli opposti e l'equilibrio sacro e profano, piacere e dovere, essere ed apparire. Conferisce stabilità ed inoltre, stimola il senso di giustizia, l'altruismo e i principi etici.

Si riteneva che la Corniola avesse le stesse proprietà vitali ed energetiche del sangue, infondendo coraggio per affrontare paure, tra cui quella della morte.

Collocare la pietra nella camera da letto è di valido aiuto per dormire più serenamente ed a tenere lontano gli incubi.

L'energia Corniola ci mette voglia di iniziare le cose con entusiasmo, stimola l'azione e il movimento verso il raggiungimento dei nostri scopi e dei nostri sogni.

### **6. Effetto sul corpo**

La Cornalina svolge una funzione benefica sugli organi dell'apparato digestivo, fegato, cistifellea, pancreas e vescica. Aiuta, quindi, a superare problemi digestivi, di assimilazione del cibo ed anche nell'anoressia.

Grazie alla sua azione purificatrice ed energizzante del sangue è molto valida per la sterilità e l'impotenza quando dipendono da blocchi fisico – energetici degli organi riproduttivi.

Aiuta e promuove la rigenerazione dei tessuti.

Facilita l'assorbimento di vitamine e sostanze nutrizionali, agevolando l'eliminazione di tossine.

Tiene bassa la pressione e riattiva la circolazione.

Apportando calore ed energia, si consiglia alle persone che si stancano facilmente.

La Corniola se posta in prossimità del secondo chakra, *Svadhishthana*<sup>7</sup>, rafforza le funzioni degli organi genitali e proteggere l'intero organismo ma in particolare risolvere problemi dell'addome, stomaco, fegato, reni, intestino, organi riproduttivi. (Figura 4).

In associazione con il cristallo di rocca è utile per prevenire la stitichezza e per migliorare le funzionalità dell'intestino.



**Figura 4** – Posizione del secondo chakra *Svadhishthana*

Massaggiando leggermente e lentamente le caviglie porta sollievo alle gambe gonfie e previene le vene varicose. Se il massaggio, con le stesse modalità, viene fatto all'inguine, porta energia e mantiene "attivi".

Migliora la circolazione negli arti inferiori se la corniola, assieme al cristallo di rocca, viene immersa nell'acqua del bagno. Tenuta nel vasetto della crema per il viso e il corpo, previene i segni dell'invecchiamento.

## 7. Applicazioni

I Romani usavano la corniola per fare i timbri per imprimere il sigillo di cera nella corrispondenza o altri documenti importanti, difatti questa pietra ha la particolarità che la cera calda non vi si attacca. (**Appendice C**)

## 8. Sicurezza

Avendo durezza 7 nella scala di Mohs è un materiale relativamente duro, pertanto viene utilizzata come abrasivo; proprio questa capacità abrasiva può portare a specifiche malattie, quali la silicosi, un'irritazione polmonare legata all'inalazione di ingenti quantità di polvere.

## 9. Chimica del SiO<sub>2</sub>

La silice o anidride silicica è un composto del silicio la cui formula chimica è SiO<sub>2</sub>.

Lo stato solido cristallino è il più comune in natura; la silice si trova in minerali come il quarzo e i suoi polimorfi, più raramente come struttura amorfa ad esempio nell'opale.

La silice cristallina è il costituente principale di molte rocce sedimentarie (ad es. sabbia, radiolariti, quarzareniti e pelle di leopardo). Si ritrova, talvolta, nella forma cristallizzata all'interno di rocce metamorfiche e magmati-

8. Lo *Svadhishthana* si trova vicino al coccige (osso sacro), il suo punto corrisponde nella parte anteriore al pube.

che e all'interno di rocce carbonatiche sotto forma di *Selce* di origine metasomatica<sup>8</sup>. (Figura 5)



Sabbia



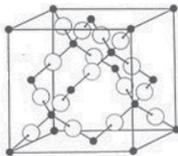
Selce roccia composta quasi esclusivamente di silice



Pelle di leopardo  
Diaspro

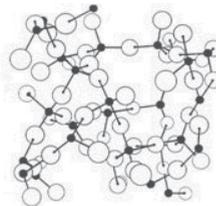
**Figura 5** – Rocce siliciche

| Diossido di silicio SiO <sub>2</sub>   | Proprietà chimiche e fisiche  |
|--|---|
| cristallizza: sistema trigonale<br>famiglia: dei quarzi<br><br>Cristalli di quarzo trigonale | peso molecolare: 60,08<br>densità (g/cm <sup>3</sup> ): 2,2<br>solubilità in acqua: 0,15 g/L a 298 K<br>temperatura di fusione: 1726 °C<br>durezza: 7 |



**Quarzo / Cristobalite**

Struttura di SiO<sub>2</sub> mostra l'impacchettamento cubico compatto

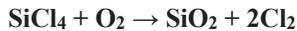


**Vetro di silice**

Struttura amorfa di SiO<sub>2</sub> di solito disordinata

8. Il metasomatismo è un processo metamorfico mediante il quale una roccia, pur perdurando allo stato solido, cambia composizione chimica per scambi di sostanze con l'ambiente circostante. I "vecchi" minerali vengono sostituiti parzialmente o totalmente da nuovi minerali di chimismo differente ed in equilibrio con le nuove condizioni chimico-fisiche a cui si trova la roccia.

La silice purissima per applicazioni ad alta tecnologia viene ottenuta dalla reazione in fiamma fra il tetracloruro di silicio e l'ossigeno:



e a seconda del contenuto finale di gruppi OH, la silice viene comunemente distinta in silice dry e silice wet (rispettivamente, basso o elevato contenuto di gruppi OH).

La silice pura, è una polvere cristallina bianca che impartisce all'acqua una lieve acidità: una sospensione di 40 g in un litro di acqua ha pH compreso tra 3,7 e 4,7.

Si conoscono comunque 15 solidi cristallini composti esclusivamente di silice, tra i quali il più famoso è certamente il quarzo o le sue forme di alta e altissima temperatura tridimite e cristobalite, oltre a solidi criptocristallini quali il calcedonio.

Il diossido di silicio ( $\text{SiO}_2$ )<sub>n</sub> è una sostanza amorfa che viene prodotta sinteticamente mediante un processo di idrolisi in fase vapore, che dà silice pirogenica, o mediante un processo a umido che dà silice precipitata, gel di silice o silice idrata. La silice pirogenica viene prodotta essenzialmente in uno stato anidro, mentre i prodotti del processo a umido si ottengono come idrati o contengono acqua assorbita in superficie.

### *Uso alimentare*

Il diossido di silicio è un additivo che presenta diverse funzioni: antiagglomerante, supporto per aromi, coloranti e coadiuvante tecnologico sintetico (agente antischiuma, utilizzato anche per rimuovere proteine e lieviti durante la produzione del vino e della birra).

Il diossido di silicio può essere impiegato in diversi alimenti, come per esempio le minestre in busta, nel sale da tavola, nella vaniglia, nell'aglio in polvere, nelle gomme da masticare e in certi tipi di riso bianco.

Nei dentifrici con il nome di "Hydrated silica" funziona da agente abrasivo della superficie dei denti.

Al momento tale additivo viene considerato innocuo per la salute dell'uomo.

### *Uso industriale*

Il **Gel di Silice**, comunemente detto anche silice gel, è un prodotto disidratante di sintesi, ottenuto chimicamente da  $\text{SiO}_2$  amorfo (diossido di silicio). Il gel di silice non presenta tossicità ed ha una **elevata capacità di assorbimento dell'umidità**.

Il **carburo di silicio**, chiamato anche carborundum, è un materiale composto da silicio e carbonio legati insieme per formare un materiale ceramico. Viene ottenuto generalmente per sintesi, ma esiste anche in natura

sotto forma del rarissimo minerale **moissanite**<sup>9</sup>.

Il carburo di silicio venduto nel mondo, compresi anche i gioielli di moissanite, è sintetico.

Usato come materiale inerte della dinamite.

Materiale refrattario utilizzato nei forni.

E' uno dei materiali preferiti nella chimica analitica per separare composti mediante la cromatografia; come è noto la maggior parte delle fasi stazionarie per cromatografia contengono derivati della silice o silice pura.

Nella produzione dell'*areogel*, sostanza "schiuma" solida dalle molte proprietà tra le quali la più importante è l'efficacia nell'isolare.

Come miscela dei pneumatici riduce la resistenza al rotolamento e migliora la tenuta sul bagnato.

Inadatto come conduttore di calore viene utilizzato in materiali ceramici come isolante (esempio è lo scudo termico delle sonde spaziali o dello space shuttle).

Il silicio essendo semiconduttore è favorito nell'utilizzo nell'ingegneria elettronica, nella costruzione di circuiti integrati, transistor e altri componenti elettronici.

Il biossido di silicio è utilizzato per realizzare l'ossido di isolamento all'interno dei circuiti integrati, e l'ossido di gate dei transistor MOSFET<sup>10</sup>.

Il vantaggio principale di un MOSFET su un transistor regolare è che richiede pochissima corrente per accendere (meno di 1 mA), pur offrendo una corrente molto più alta di un carico (10 a 50A o più).

## 10. Chimica del Silicio

La silice è la materia prima per la produzione di silicio elementare.

Il silicio fu scoperto da Jöns Jakob Berzelius nel 1822, il suo nome deriva dal latino *silex* (silice).

Il silicio (Si) è l'elemento chimico del IV gruppo A della tavola periodica con numero atomico 14.

È un semiconduttore<sup>11</sup> tetravalente, il silicio, pur avendo una struttura elettronica esterna simile al carbonio, forma un numero inferiore di composti.

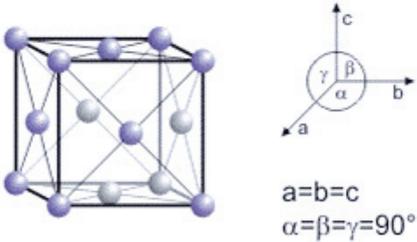
9. La moissanite naturale si trova solo in piccolissime quantità in alcuni tipi di meteorite e all'interno di depositi di corindone e kimberlite. Il minerale trae il nome da Ferdinando Henri Moissa che lo trovò nel 1893 in un meteorite.

10. Il metal-oxide-semiconductor field-effect transistor (MOSFET, MOS-FET, o MOS FET) è un tipo di transistor usato come amplificatore o commutare i segnali elettronici.

11. I semiconduttori sono sostanze che hanno una conduttività bassa a temperatura ambiente e aumenta all'aumentare della temperatura al contrario dei conduttori metallici la cui conduttività diminuisce all'aumentare della temperatura.

Il silicio è un elemento poco reattivo a temperatura ambiente, è inerte all'aria, e non si scioglie negli acidi ad eccezione dell'acido fluoridrico in presenza di ossidanti; viene però attaccato rapidamente dagli idrossidi alcalini con svolgimento di idrogeno e formazione di silicati e dal fluoro con formazione di tetrafluoruro di silicio.

A temperature elevate reagisce anche con gli altri alogeni e con l'acido cloridrico, mentre si combina direttamente con molti metalli (formando i cosiddetti siliciuri), nonché con il carbonio e l'azoto.

| Silicio (Si)  | Proprietà fisiche e chimiche   |
|---|--|
| struttura cristallina: cubica a facce centrate<br> | stato della materia: solido<br>semiconduttori semimetalli<br>punto di fusione: 1413,85 °C<br>punto di ebollizione: 2899,85 °C<br>densità 2330 kg/m <sup>3</sup><br>durezza: 6,5<br>numero atomico: 14<br>peso atomico: 28,0855<br>stati di ossidazione: da -4 a + 4<br>stato di ossidazione anfotero: -4 |

Il silicio è il secondo elemento, per abbondanza, dopo l'ossigeno, raggiunge il 27% del peso totale della crosta terrestre.

Non si trova allo stato libero in natura, ma combinato con l'ossigeno nel diossido di silicio o silice SiO<sub>2</sub>.

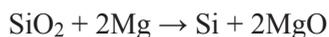
Nella sua forma cristallina, (Figura 6) il silicio ha un colore grigio metallico; pur essendo un elemento relativamente inerte, reagisce con gli alogeni e gli alcali diluiti, ma la maggior parte degli acidi (eccetto l'acido fluoridrico) non lo intaccano.



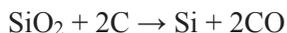
**Figura 6** -Silicio cristallino

Il silicio elementare trasmette più del 95% di tutte le lunghezze d'onda della luce infrarossa.

Può essere ottenuto anche per riduzione del diossido con magnesio metallico:

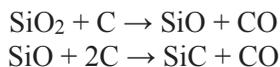


La reazione risulta fortemente esotermica dopo aver fornito il calore per l'innesco. Il silicio viene preparato commercialmente tramite riscaldamento di silice ad elevato grado di purezza, in una fornace elettrica usando elettrodi di carbonio. A temperature superiori a 1900 °C, il carbonio riduce la silice in silicio secondo l'equazione chimica:



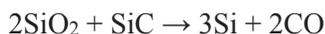
Il silicio liquido si raccoglie in fondo alla fornace, e viene quindi prelevato e raffreddato. Il silicio prodotto tramite questo processo viene chiamato silicio di grado metallurgico (MGS) ed è puro al 98%.

Un eccesso di carbonio può portare alla formazione del carburo di silicio. (Figura 7)



**Figura 7** – Carburo di silicio (Carborundum)

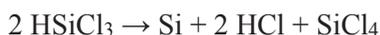
Comunque, se si mantiene elevata la concentrazione di  $\text{SiO}_2$ , il carburo di silicio può essere eliminato

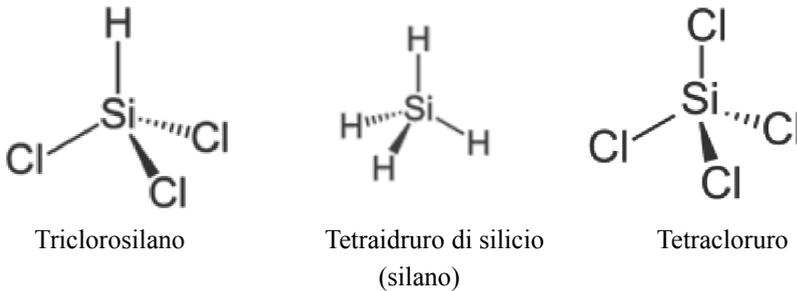


Per raggiungere gradi di purezza superiori necessari ad esempio per realizzare dispositivi elettronici a semiconduttore, è necessario praticare un'ulteriore purificazione ad esempio con il metodo Siemens.

### 10.1 Purificazione del silicio

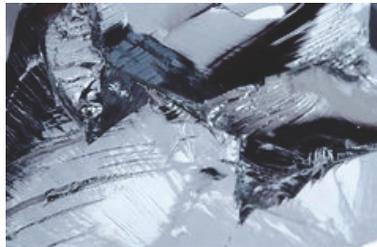
Il processo Siemens utilizza delle sbarre di silicio ultrapuro che vengono esposte al triclorosilano a 1150 °C; il triclorosilano si decompone e deposita dell'altro silicio sulla barra secondo la reazione chimica: (Figura 8)





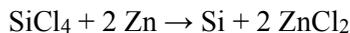
**Figura 8** – Formule di struttura dei componenti presenti nel processo Siemens

Il silicio prodotto viene chiamato silicio policristallino ed ha impurità pari a 1 **ppb** (*parts per billion* parte per miliardo) o inferiore. (Figura 9)



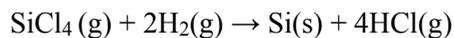
**Figura 9** - Silicio policristallino

Il silicio ultrapuro fu prodotto dalla DuPont facendo reagire il  $\text{SiCl}_4$  con vapori di Zn alla temperatura di  $950^\circ\text{C}$ :



Questa tecnica fu abbandonata in quanto il cloruro di zinco (sottoprodotto della reazione) si solidificava bloccando le linee.

Un livello alto di purezza si ottiene per riduzione del tetracloruro di silicio (con una purezza alta) con idrogeno:



Il silicio è il componente principale di vetro, cemento, ceramica e silicone.

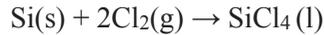
## 10.2 Chimica dei composti del Silicio

Il silicio è alla base di tutti i silicati, minerali formati da silicio e ossigeno più altri elementi in forma ionica. I silicati sono contenuti nei magmi e, per la struttura tetraedrica della silice, il magma diventa più viscoso, e capace di trattenere maggiori quantità di gas. In base al contenuto di silice si determina l'acidità di un magma e delle rocce dal quale deriva. Se è poco presente il magma si dirà basico.

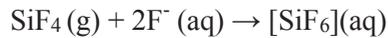
La silice sotto forma cristallina costituisce il *quarzo*, sotto forma di silicati si trova in moltissime rocce (graniti e alluminosilicati) e nel terreno (argilla<sup>12</sup>).

### ***Gli alogenuri***

Del silicio si conoscono tutti i tetraligenuri composti molecolari volatili; il più importante è il tetracloruro di silicio:



Gli alogenuri del Si sono **acidi di Lewis** blandi, carattere evidenziato quando addizionano **uno** o **più leganti** per dare complessi penta o esacoordinati:



### ***I nitruri***

La reazione del silicio con l'azoto ad alte temperature produce i nitruri  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; questa sostanza è molto dura ed inerte e trova impiego come materiale ceramico. Si usa in soluzione solida con  $\text{Al}_2\text{O}_3$  per dare materiali ceramici detti *sialons* (SiAlON -Silicon Alumina Nitride).

### **10.3 Utilizzo in medicina**

Il ruolo svolto dal silicio favorisce la sintesi del calcio e del magnesio rafforzando le ossa e risultando utile contro l'osteoporosi.

Molto importante nel periodo più delicato della vita umana, cioè la terza età e la sua assimilazione è maggiore in concomitanza anche con la presenza di potassio, manganese e boro.

Il silicio favorisce la formazione del collagene, fortifica le ossa, stimola il sistema immunitario ed è utile contro le malattie cardiovascolari e l'ipertensione.

Protegge inoltre dal morbo di Alzheimer in quanto rallenta la perdita di memoria.

---

12. L'argilla è un sedimento non litificato estremamente fine costituito essenzialmente da allumino-silicati.

## Appendice A

L'anello è il più piccolo fra tali oggetti ma ad esso sono state dedicate, per millenni, le attenzioni di sacerdoti, astrologi, maghi. Attenzioni rivolte alla sua preparazione, alla sua forma, e alle sue funzioni. **Teofrasto**, è il probabile autore di uno dei primi trattati sulle pietre<sup>1a</sup> e anche **Dioscoride Pedanio** produsse una classificazione sulla loro funzione magico-terapeutica<sup>2a</sup>. Ovviamente anche **Plinio** nella sua *Storia Naturale* ne tratta diffusamente e lo stesso **Plutarco** sembra abbia affrontato il problema in un piccolo trattato detto "*Intorno ai fiumi*". In occidente lo studio degli anelli e della lavorazione delle pietre ad essi connessa, si sviluppa dopo il IV sec. D. C. con una proliferazione di "*Lapidarii*" che portano al più famoso tra essi: Il "*De mineralibus*" di **Alberto Magno**.

---

1a. Il primo trattato di Mineralogia e Gemmologia pervenutoci è il lapidario attribuito a Teofrasto - *Intorno alle pietre* - scritto intorno al 315 a.C. in cui l'autore si sofferma in particolare sulle gemme adoperate nella glittica del periodo classico. Teofrasto codifica le teorie di Ippocrate e di Platone per il mondo minerale formando i primi raggruppamenti. Divide le pietre in maschi e femmine, dando origine alla teoria della loro riproduzione e attribuisce loro alcune proprietà magiche. Affiorano quindi le caratteristiche più tipiche attribuite alle pietre che sono essenzialmente magiche, medicinali e terapeutiche.

2a. Dioscoride Pedanio (40-90 d.C.) nato a Anazarbe (Cesarea sotto la dominazione romana) antica città della Cilicia, oggi Turchia, fu medico, botanico e farmacista greco antico che visse a Roma ai tempi dell'imperatore Nerone, scrisse il lapidario *Materia medica* in 5 libri, un *erbario* in lingua greca e molteplici manoscritti tra i quali il più famoso è il *Codex Aniciae Julianae* conosciuto come *Codex Byzantinus o Dioscoride di Vienna* che è la copia più antica illustrata della *Materia medica*.

## Appendice B

**La pietra del tuono, pietra preziosa, ricordata da Plinio 37, 10, 55, §150 :**

*"Baroptenus sive baripe, nigra sanguineis et albis nodis, adalligata proicitur veluti portentosa. Botrytis alia nigra est, alia pampinea, incipienti uvae similis. Bostrychitin Zoroastres crinibus mulierum similiorem vocat. Bucardia, bubulo cordi similis, Babylone tantum nascitur. Brontea, capiti testudinum, e tonitribus cadit, ut putant, restinguitque fulmine icta, si credimus. Boloe in Hiberno inveniuntur, glaebae similitudine."*

*"Il baroptenus o baripe<sup>1b</sup>, nero con nodi sanguigni e bianchi, legato addosso è rifiutato come cosa mostruosa. La botrytis una è nera, l'altra color dei pampini, simile all'uva acerba. Zoroastro chiama bostrychitis una più simile ai capelli delle donne. La bucardia, simile al cuore bovino, nasce solo a Babilonia. La brontea, (simile) alla testa delle tartarughe, cade dai tuoni, come pensano, e spegne le cose colpite dal fulmine, se ci crediamo. Le boloe si trovano nell'Ebro, a somiglianza di una zolla."*

---

1b. Baroptenus o baripe (nomi latini di una pietra forse sconosciuta).

## Appendice C

L'interesse o meglio la curiosità "innata" nell'uomo lo ha spinto da sempre verso tutto ciò che è bello, prezioso e misterioso. Non stupisce il suo interessamento verso minerali e gemme, che spesso hanno queste caratteristiche.

Nel corso dei secoli, alla bellezza e alla rarità, si sono aggiunte caratteristiche che hanno favorito la nascita di leggende e tradizioni e che hanno allargato il campo d'impiego dei minerali alla magia, all'alchimia, all'astrologia, al simbolismo religioso ed alla medicina.

La magia ha, quindi, attribuito una grande importanza agli amuleti e ai talismani; si tende spesso erroneamente a considerare questi termini sinonimi pur essendo gli oggetti ad essi associati diversi fisicamente e funzionalmente. Plinio il Giovane<sup>1c</sup> (62 – 114 d.c.) definiva<sup>2c</sup>: **amuleto** qualunque oggetto naturale o realizzato dall'uomo utilizzato per superstizione, credendolo capace di eliminare i mali e i pericoli; **talismano** era un portafortuna capace di attirare l'energia positiva o ampliare la sfera del bene: benessere, salute e successo professionale.

Gli amuleti includono gli oggetti più svariati: gemme, semplici pietre, pendenti, anelli. I primi amuleti utilizzati dagli uomini primitivi venivano ricavati da ossa, denti o corna di animali, e infondevano, in chi gli possedeva, sicurezza e fiducia nel proprio destino.

I primi a conoscere e ad attribuire alle pietre magiche virtù furono i popoli orientali, tali virtù erano però più facilmente riscontrabili nella fantasiosa mente dei sapienti dell'epoca che non nelle pietre stesse. Tuttavia queste proprietà rimasero impresse nella tradizione popolare tramandate spesso oralmente e solo in alcuni casi per iscritto.

---

1c. Gaio Plinio Cecilio Secondo, dopo la morte del padre avvenuta nel 70 d.c, fu preso sotto la tutela dello zio materno Plinio il Vecchio.

2c. [http://www.misterieleggende.com/magia/amuleti\\_e\\_talismani.php](http://www.misterieleggende.com/magia/amuleti_e_talismani.php)

## Appendice D

I lapidari sono una sorta di manuali descrittivi sulle pietre, per certi versi paragonabili agli erbari per le specie vegetali e ai bestiari per gli animali, che descrivono accuratamente caratteristiche e virtù.

Nacquero inizialmente come ammassi di nozioni indefinite e vaghe, riscontrate inizialmente nei poemi dell'India e della Grecia inoltre i primi scritti non potevano essere considerati lapidari veri e propri ma con l'evolversi della civiltà hanno assunto forme ben definite tanto che oggi si può parlare di vari tipi di lapidari, suddivisibili per epoche e per luoghi d'appartenenza. I lapidari orientali sono **fondamentalmente magici**, anche se unitamente alle altre virtù intrinseche delle pietre, considerano il loro valore commerciale, i pregi ed i difetti.

Le virtù magiche delle gemme, malgrado i divieti religiosi, posero profonde radici particolarmente in Cina in cui, tutto ciò che richiamava i poteri arcani trovò terreno fertile più che altrove. Gli elementi misteriosi furono tramandati

per lo più nella tradizione orale, dato che la religione di Confucio ha sempre cercato di allontanare, almeno ufficialmente, ogni opera di questo genere. Il materiale su cui abbiamo più notizie è la giada.

Le giade furono sempre i minerali più apprezzati perché carichi di significati simbolici e di autentica energia cosmica.

La religiosità delle «giade», la loro potenza magica, i poteri medicamentosi e taumaturgici erano considerati alimento dello spirito e avevano la capacità di assicurare l'immortalità. Il materiale usato dai cinesi era la *giada nefrite* con varietà cromatiche dal bianco candido al giallognolo, al grigio scuro, all'avana, fino al giallo verdastro ed al verde intenso scuro.

I maggiori e più importanti giacimenti del mondo antico di nefrite, silicato di calcio, magnesio e ferro  $(Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2)$  erano situati nel Turkestan orientale cinese (Sinkiang), tra le valli di Yarkand e Khotan, lungo i contrafforti settentrionali della catena del Kuen-Lun. Sin dal neolitico, i giacimenti alluvionali del Sinkiang fornivano ciottoli lavorabili per la produzione artistica cinese. Alla ricerca circondata da una particolare atmosfera di sacralità erano adibite soltanto le donne. Ornamenti di giada della cultura Songze (4000-3000 a.C.) sono conservati a Pechino nel museo della storia cinese.

I lapidari indiani si tramandarono per iscritto, al contrario dei cinesi. Non è possibile stabilire a quando risalgano i lapidari indiani, anche se la compilazione è abbastanza recente. I più antichi scritti dell'India classica hanno numerosi richiami alla magia delle gemme ed alla loro influenza sulla sorte del possessore.

Con il mescolarsi dei costumi e con i viaggi di Marco Polo le varie civiltà colturali si sommarono dando luogo ad una cultura più o meno unificata nella quale è difficile trovare l'origine di ogni notizia.

Tra tutti i lapidari indiani conosciuti il Ratnapariska o Conoscenza delle gemme può senza dubbio essere considerato il primo di tutti i lapidari. L'India è considerata, unanimemente, la culla delle pietre preziose e la scienza ad esse inerente.

Il lapidario indiano è molto particolare non solo per ciò che riguarda la struttura, essi seguono canoni ben precisi nella descrizione (origini, qualità, difetti, virtù, prezzo), ma soprattutto per la convinzione che tutte le opere sono molto spesso dono o castigo di una divinità e perciò, a seconda dei casi, apportatrici di fortuna o sfortuna.

Gli Indiani popolo ricco di profonde credenze molto spesso le abbina alla leggenda.

Nei lapidari classici occidentali accade invece un fenomeno differente; mentre i più antichi conservano una linea di studio obiettiva, naturalistica, basata sulle caratteristiche naturali di ciascuna pietra, sui luoghi di origine, sulle qualità organolettiche, sulle virtù terapeutiche, man mano che ci si avvicina alle epoche più recenti questo carattere scientifico muta per dar luogo al magismo, il cui massimo viene raggiunto nei lapidari bizantini.

Passaggio tra la mentalità classica occidentale e quella alessandrina è il lapidario *Materia medica* di Dioscoride Pedanio che elenca 200 pietre e gemme e si può considerare il ponte con la *Storia Naturale* di Plinio il Vecchio che racchiude credenze orientali ed occidentali.

Il Medio Evo fu un fedele e fondamentale continuatore della Storia Antica e nei lapidari di questo periodo si ritrova tutta la magia e tutto il fantasticare scientifico dell'antichità. Tra i molti lapidari medievali il lapidario per eccellenza, come ricordato in premessa, è quello scritto in esametri latini da Marbodo vescovo di Rennes tra il 1067 ed il 1081 e tradotto in provenzale, francese, italiano, spagnolo, irlandese, danese ed ebreo.

Nel Rinascimento l'interpretazione magica non ancora smorzata cede via via il passo a quella scientifica e tale si mantiene sino alla scoperta dei diamanti in Sud Africa nel 1867, anno in cui si può dire che cominci la moderna gemmologia scientifica.

### **Bibliografia**

[1] *Storia naturale dei Minerali I libro* traduzione dal francese di Eugenio Mèlchiorre e Luigi Patrin. Livorno tipografia Vignozzi 1836 Digitalizzato da Google pag. 253.

[https://books.google.it/books?id=UCwIAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.it/books?id=UCwIAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

[2] Giacinto Gimma. *Della Storia Naturale delle Gemme, delle Pietre. E di Tutti i Minerali, ovvero della Fisica Sotterranea*. Tomo II, pagg. 202-203. Stamperia di Felice Mosca. Napoli MDCCXXX

### **Sitologia**

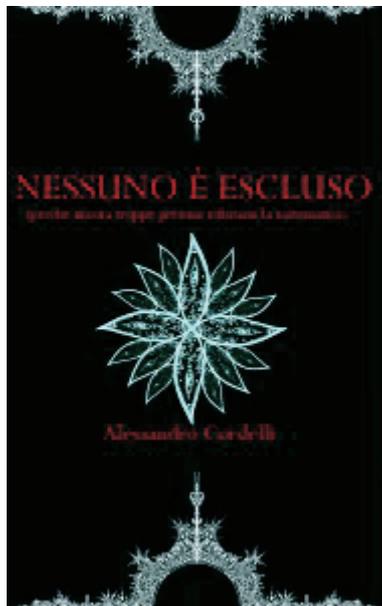
<http://www.chimica-online.it/elementi/silicio.htm>

<http://www.materterra.it/Article29.htm>

<http://www.cure-naturali.it/silicio/2808#benefici>

## *Libri in redazione*

### **Un saggio sugli aspetti didattici della matematica**



**Alessandro Cordelli** ha recentemente pubblicato un saggio dal titolo emblematico:

*"Nessuno è escluso (perché ancora troppe persone rifiutano la matematica)"*.

Il saggio è una analisi dei motivi della diffusa ostilità verso la matematica che evidenzia - passando attraverso una disamina dei meccanismi di formazione della conoscenza - l'inadeguatezza delle metodologie tradizionali di insegnamento, e si completa con alcuni spunti volti a rendere più efficiente e significativa l'attività didattica.

Il libro è disponibile sia come e-book che in edizione cartacea su Amazon:  
<http://www.amazon.it/gp/product/1514685094>

Un sito dedicato al libro, da cui si possono scaricare alcuni estratti:  
<http://www.alessandrocordelli.it/nessunoescluso/>

mentre la pagina Facebook è:  
<https://www.facebook.com/matematicauntuodiritto>



Il testo di CHIMICA per il primo biennio a cura di Marcella Cioffi contribuisce in modo e misura significativi all'insegnamento della Chimica nella Scuola. A partire dal titolo CHIMICA: LA NATURA DELLE COSE, accattivante e molto significativo con uno stretto rapporto, anche ricordato, con l'ormai famoso DVD promosso da Federchimica dal titolo VIVERE SENZA CHIMICA, e proseguendo con l'edizione e-book abbinata al testo, fino alla costruzione grafica e logica del testo. Si tratta di oltre 450 pagine nelle quali la Chimica viene spiegata nei principi generali e nelle leggi fondamentali. Ecco la caratteristica del testo: non si ha paura da parte dell'autrice di presentarlo dando spazio alla parte più ostica e meno appetibile della chimica. Spesso per attrarre maggiormente il lettore si rinuncia a sviluppare queste parti in favore di quelle più "popolari" correlate all'ambiente, all'alimentazione, alla sicurezza, alla scoperta del cielo, alle nuove tecnologie. Qui invece troviamo leggi e principi che devono guidare alla comprensione di quelle applicazioni, delle quali restano comunque due nel testo: l'energia ed i materiali.

Attenzione giustamente è prestata alle operazioni fondamentali per la chimica, come le separazioni, le dissoluzioni, l'analisi. Una parte è dedicata alla chimica organica; apprezzabilissimo poi il capitolo sulle molecole della vita, che attraverso un approccio diverso si ricollega alle applicazioni in campo alimentare e farmaceutico.

Ogni capitolo è intelligentemente corredato da un allegato con l'indicazione degli strumenti per costruire le competenze. Tali strumenti sono poi ripresi in un secondo volume con la loro indicazione, volume che è messo a disposizione del docente. Sostanzialmente si tratta di un percorso didattico lungo il quale docenti e studenti sono guidati con competenza ed efficacia.

**Luigi Campanella**

## *Notizie brevi*

### **Zio Tungsteno**

Un neurologo di fama mondiale, che ha saputo unire il rigore della scienza alla creatività letteraria, in una serie di libri dal gran successo: è morto a 82 anni Oliver Sacks. Tra tutti i suoi romanzi, ce n'è uno che appassionati e studiosi di chimica, grandi e piccini, non possono non aver letto: *Zio Tungsteno*.

Pubblicato per la prima volta nel 2001, è il più autobiografico tra i racconti dell'autore: in 412 pagine, Sacks s'incammina in un viaggio a ritroso nel tempo, ripercorrendo la sua infanzia e l'adolescenza passate sui libri di chimica. Solitudine e curiosità portano infatti il piccolo Sacks ad avvicinarsi alla scienza degli elementi: conoscere la natura delle cose e la loro più profonda essenza è l'attività che occupa gran parte delle sue giornate. A guidarlo nella scoperta della chimica è suo zio Dave, che in laboratorio costruisce lampadine e si merita il soprannome che dà il titolo al romanzo. *Zio Tungsteno* riesce a soddisfare la curiosità di quel bambino studioso, facendogli conoscere minerali e metalli. Una passione che accompagnerà Sacks per il resto della vita, insieme alla medicina e alla neuropsicologia



AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell’informazione

AREA 10 – Scienze dell’antichità, filologico–letterarie e storico–artistiche

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

*Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su*

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)

Compilato il 17 gennaio 2016, ore 12:37  
con il sistema tipografico  $\text{\LaTeX}$  2 $\epsilon$

Finito di stampare nel mese di gennaio del 2016  
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»  
00134 Roma – via di Torre Sant’Anastasia, 61  
per conto della «Aracne editrice int.le S.r.l.» di Ariccia (RM)