

[4] B. Hultman, *Ind. Carta*, 1992, **30**, 435.  
[5] O. A. Terentyev, I. V. Kudryavtseva, *Chem. Sustainable Dev.*, 1993, **1**, 229; *Chem. Abstr.*, 1995, **122**, 293695t.  
[6] G. Gellerstedt, E. -L. Petterson, *Acta Chem. Scand.*, 1975, **B29**, 1005.  
[7] C. Vanucci, P. Fournier de Violet, H. Bouas-Laurent, A. Castellan, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*,

1988, **41**, 251.  
[8] A. Castellan, N. Colombo, C. Cucuphat, P. Fournier de Violet, *Holzforchung*, 1989, **43**, 179.  
[9] A. Castellan, J. N. Zhu, N. Colombo, A. Nourmamode, R. S. Davidson, A. Dunn, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*, 1991, **58**, 263.  
[10] D. S. Argyropoulos, Y. Sun, *Photochem. Photobiol.*, 1996, **64**, 510.

[11] M. G. Neumann, A. E. H. Machado, *J. Photochem. Photobiol., B: Biol.*, 1989, **3**, 473.  
[12] W. U. Palm, H. Dreeskamp, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*, 1990, **52**, 439.  
[13] A. E. H. Machado, R. Ruggiero, M. G. Neumann, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*, 1994, **81**, 107.

## ESPERIENZE E RICERCHE

# Gli studenti fanno divulgazione Dalla coltivazione dei cristalli a una mostra aperta al pubblico

### Riassunto

In un biennio di due ITIS di Roma si è sperimentato per due anni un nuovo approccio divulgativo insieme agli studenti con l'obiettivo di introdurre allo studio dei legami chimici attraverso la preparazione di monocristalli di sostanze comuni da esporre successivamente in una Mostra. Le caratteristiche della preparativa permettono di cadenzare il lavoro su tempi lunghi (fino all'intero anno scolastico) rendendo possibili intanto collegamenti trasversali con il programma svolto. L'arco di competenze richieste per lavorare efficacemente, spaziando da abilità manuali fino a capacità di astrazione e di collegamenti logici, rappresenta un valido aiuto anche al progetto di integrazione di alunni con diversi tipi di svantaggio.

Si riportano di seguito cenni sugli aspetti didattici e organizzativi dell'iniziativa e si indicano inoltre alcuni dettagli sul contenuto dei poster usati nella Mostra elencando anche una selezione di citazioni sui cristalli nell'antichità a cui seguono le schede operative degli studenti sul modo in cui coltivare alcuni cristalli di sostanze comuni.

### Abstract

A new approach to the study of the chemical bond has been experimented in the first two classes of a

MICHELE DEBEGNACH<sup>(\*)</sup>

*Technical Institute inviting students (14-15 years old) to search for the best methods of preparing single crystals of common chemicals to be later displayed in an exhibition.*

*The characteristic features of preparations give the teacher the opportunity of organizing work on a long term (up to the whole year) which makes it possible to realize links with the curriculum as this develops.*

*The wide range of skills required in order to work properly, from handicraft to abstraction and logical processes, is also a strong aid to the integration of students with different sorts of handicap.*

*Didactical and organizing aspects are reported and some examples of quotations about crystals in ancient times are given. A set of crystals recipes written by students themselves follows, containing instructions for the growing of crystals of some common substances.*

### 1. Premessa

L'approccio ai legami chimici è stato per lungo tempo quello di introdurre prima di tutto i legami polari ricorrendo alle esperienze di laboratorio sulla deviazione di getti di liquidi in fili sottili sottoposti ai campi elettrici ottenuti per strofinio. Facevano seguito le esperienze sulla conducibilità dei

liquidi puri e delle soluzioni che permettevano di passare agli ioni e quindi al legame ionico. Una più allargata presa di coscienza intorno ai problemi ambientali e di tossicità ha fatto ingresso anche nei nostri laboratori scolastici facendoci riflettere sulla pericolosità dei solventi impiegati (benzene, metanolo). Così ne abbiamo ridotto drasticamente la quantità e poi siamo passati alle esperienze solo dimostrative ed eseguite sotto cappa.

A questo punto però perché non tentare piuttosto di cambiare completamente percorso?

Abbiamo scelto di provare con la coltivazione dei cristalli perché è un argomento che da un lato attrae per il fascino esercitato dallo spettacolo della straordinaria precisione geometrica con cui si presentano i cristalli, dall'altro fornisce all'insegnante numerosi spunti per un approccio alla teoria dei legami chimici e al vasto mondo degli usi industriali e della mineralogia.

### 2. La coltivazione dei cristalli

#### 2.1 Obiettivi didattici: gli studenti fanno divulgazione preparando i cristalli da esporre in una Mostra.

Le abilità manuali richieste e le possibilità di approfondimento a livello teorico e pratico spaziano in un ampio intervallo per cui questo percorso, con opportuni adattamenti, può essere ugualmente utile a livelli diversi di apprendimento, dalla scuola elementare fino alle scuole superiori. Il progetto è stato sperimentato all'in-

terno del programma di chimica per studenti del biennio degli ITIS Fermi e Pascal di Roma e la Mostra ha avuto luogo durante la Settimana della Cultura Scientifica all'interno delle iniziative promosse da MUSIS (Museo della Scienza e dell'Informazione Scientifica a Roma) che ha fornito sostegno organizzativo all'impresa. La Mostra è rimasta attiva una settimana in ciascuna scuola, coinvolgendo con successo un ampio pubblico di studenti e di non addetti ai lavori in due popolosi quartieri di Roma.

## 2.2 Come abbiamo lavorato

All'inizio dell'anno scolastico si è avviata una discussione con gli studenti delle classi prime e seconde, proponendo loro di affrontare lo studio di una parte del programma dedicandosi ad un lavoro sperimentale affascinante e impegnativo cioè la preparazione di cristalli.

Il risultato dei lavori di tutto l'anno sarebbe esposto alla cittadinanza in una Mostra durante la Settimana della Cultura Scientifica.

La maggioranza degli studenti ha aderito con entusiasmo, una sola classe invece non ha dimostrato il minimo interesse e non ha accettato la proposta.

Abbiamo deciso, insieme agli studenti, di restringere il campo di lavoro dedicandoci all'obiettivo ben delimitato di preparare cristalli singoli i più puri e grandi possibili, a partire dalla preparazione delle soluzioni sature e dei germi cristallini necessari, preparazione che è avvenuta in una prima fase nel laboratorio di chimica in modo da consentire all'insegnante di mettere tutti gli studenti in grado di svolgere in modo autonomo le manipolazioni necessarie.

I primi cristalli da mettere in coltivazione sono stati quelli di sale da cucina, una sostanza facilmente disponibile in casa e che non presenta problemi particolari perché non macchia, non è tossica ed è molto economica. La tecnica è stata quella dell'evaporazione da soluzioni sature, sia per preparare i germi cristallini che per farli crescere.

A questo scopo abbiamo preparato piccoli cristallini cubici di NaCl (germi cristallini) che sono poi stati immersi nella soluzione satura dove, sempre per evaporazione a temperatura ambiente, i germi cristallini hanno cominciato la loro lenta e difficile crescita. I compiti assegnati allo studente sono

stati quello di ripristinare il livello della soluzione satura e quello di ripulire ogni giorno i germi cristallini dalle eventuali incrostazioni. Ma durante il lavoro sono sorti imprevisti che gli studenti hanno dovuto affrontare con uno sforzo personale creativo e motivato. La relativa facilità operativa ha permesso di occuparsi di questi problemi a casa superando così il problema delle lunghe attese (24 ore) tra un intervento operativo e l'altro.

Le caratteristiche di questo tipo di attività hanno consentito agli studenti di prendere dimestichezza in modo spontaneo e creativo con tecniche di base utili alla risoluzione di problemi pratici legati al loro lavoro come la preparazione di una soluzione satura, uso della bilancia, misura e trasferimento di volumi di soluzioni, filtrazione, il riconoscimento delle variabili da tenere sotto controllo come le polveri atmosferiche e la velocità di evaporazione.

Si è così acquisito il concetto operativo di soluzione satura, ponendosi nello stesso tempo con curiosità il problema del perché le sostanze abbiano un limite alla loro possibilità di disciogliersi in un solvente. Si è notata la realtà, sperimentale, della costanza della forma (cubica) di questi cristalli in tutte le fasi della crescita (osservazioni al microscopio in laboratorio), si è imparato che nascita e crescita dei cristalli sono fenomeni spontanei (la forma geometrica dei cristalli non è il risultato, come per i gioielli, di una lavorazione) ed è rimasta aperta la domanda su quale possa essere comunque la causa di questo comportamento della materia.

Queste prime domande, nate dai problemi concreti incontrati, hanno continuato poi con il progredire del lavoro a generarne altre a cascata dando agli studenti aspettativa e motivazione su tutta una serie di questioni scientifiche e non solo.

I cristalli di sale da cucina si accrescono però con molta lentezza, danno facilmente incrostazioni e non si riesce comunque a far loro superare la dimensione di qualche millimetro per spigolo (sono stati infatti molto apprezzati i grandi cristalli naturali di NaCl e KCl esposti al Museo di Mineralogia di Roma!).

Perciò, dopo qualche settimana, mentre i soliti due o tre più bravi e costanti continuavano con successo e senza problemi a curare la crescita dei propri esemplari, prima che lo scon-

forto si potesse impadronire invece degli altri, siamo passati ad una seconda sostanza, lo zucchero (saccarosio), anche questo disponibile in cucina, un po' più costoso del sale, più difficile da maneggiare, (infatti si sono dovute "inventare" tecniche adatte a manipolare le soluzioni di zucchero, dense e sciroppose, nelle quali i germi tendono addirittura a galleggiare). Questa soluzione è capace di formare cristalli singoli fino a 1-2 cm in solo qualche settimana.

Qualcuno di questi splendidi monocristalli di zucchero si è sfortunatamente dissolto nel tentativo di farlo crescere ulteriormente fornendoci però l'estro per capire che eravamo saliti a un livello di maggiore difficoltà operativa: c'era da affrontare il nuovo e delicato problema del controllo della temperatura.

Non tutti gli studenti hanno saputo padroneggiare la nuova situazione che si era così presentata e abbiamo allora deciso, per venire loro incontro, di passare dal lavoro a casa a quello controllato in laboratorio dove è possibile aiutarsi a vicenda e, dopo un sufficiente numero di tentativi infruttuosi, abbiamo fornito una nuova sostanza, il solfato di rame, una sostanza un po' tossica, nota ad alcuni studenti come anticrittogamico usato per le viti in campagna.

Alla sensibilità alla temperatura, già sperimentata con lo zucchero, questa sostanza aggiunge aggressività chimica nei confronti di certi recipienti metallici e capacità di macchiare le unghie, la pelle e gli abiti. Tutte queste difficoltà sono state compensate dalla comparsa nei cristallizzatori di tutta la classe di magnifici monocristalli azzurri, a forma di rombo, che in pochi giorni hanno raggiunto senza troppi problemi le dimensioni di qualche centimetro.

Sull'onda di questo risultato gli studenti sono passati alla coltivazione dei cristalli di allume, molto sensibili alla temperatura, capaci di dissolversi rapidamente, ma nello stesso tempo di crescere in maniera ragguardevole in tempi brevi e gli studenti hanno escogitato tecniche di raffreddamento per ottenere, da un giorno all'altro, ottaedri trasparenti e limpidi grandi fino a qualche centimetro.

Alcuni tra i più abili si sono cimentati con il problema di velocizzare la formazione dei germi cristallini di varie sostanze con l'obiettivo di far vedere durante la Mostra la nascita "in diret-

ta” dei cristalli sotto l’obbiettivo di un microscopio.

Questa attività ha permesso di far crescere interessi spontanei anche su tematiche non direttamente chimiche. Così è stato per la scoperta del testo del Neviani, un vecchio insegnante del prestigioso liceo classico della capitale cioè il Liceo Visconti, su di una ipotetica (utopica) vita dei cristalli. Dai contatti che si sono stabiliti con questo Liceo è nata la possibilità di avere libero accesso alla sua collezione di minerali e di aprire una direzione di indagine storica che ci ha fatto conoscere interessanti citazioni di antichi studiosi che avevano anche loro espresso punti di vista a volte vicini a opinioni o idee confusamente espresse dagli studenti stessi, come l’idea appunto che un cristallo possa essere “vivente” o che la straordinaria esattezza geometrica della sua crescita non possa essere spiegata se non invocando un qualche processo “magico”. I colleghi del triennio invece ci hanno dato vecchi componenti circuitali dentro i quali abbiamo rintracciato il “chip”, questo purissimo cristallo metallico, che abbiamo poi esposto e ben volentieri abbiamo lavorato tutti insieme per trovare informazioni sulle tecniche di coltivazione industriale di cristalli per la microelettronica.

Per rispondere alla domanda su come si coltivano i cristalli nei laboratori scientifici siamo andati a chiederlo ai professori di Mineralogia dell’Università di Roma e questi ci hanno spiegato le loro tecniche e ci hanno Mostrato gli enormi cristalli sintetici di quarzo fatti con bomba idrotermale o quelli, altrettanto grandi, di allume di cromo ottenuti per evaporazione da soluzioni sature.

Abbiamo scoperto dei veri appassionati e degli esperti nell’arte di coltivare i cristalli andando al Gruppo Mineralogico Romano ed è lì, ad una loro Mostra, che abbiamo conosciuto un anziano minatore siciliano di solfara che ci ha offerto di buon grado di esporre le sue foto d’epoca che hanno costituito una originale documentazione fotografica sulla vita nelle miniere italiane di inizio secolo. Così abbiamo imparato a vedere il nostro lavoro anche sotto un’altra angolatura imbattendoci in problemi economici, sociali e culturali perché ci sono, è vero, i bellissimoi cristalli di zolfo in esposizione, ma dietro c’è anche un’altra realtà che è la storia, a

volte durissima, di chi ha faticato per estrarli.

Si è trattato di una grande occasione in cui per una volta è venuta meno una certa “separatezza” che si sconta dentro la scuola, confinati nell’aula, e abbiamo respirato l’aria aperta della realtà esterna.

### 3. Come è stata organizzata la Mostra

Di seguito riportiamo lo schema espositivo della Mostra consistente in postazioni demo, esposizione delle foto di solfatara, vetrine, poster. Ciascuna postazione viene gestita da studenti che a turno ne illustrano ai visitatori le caratteristiche.

#### 3.1 Le postazioni demo

- **computer** con alcuni **CD Rom** sui minerali;
- **demo sulle cristallizzazioni**, con microscopi e soluzioni sature opportune per mostrare in diretta la formazione dei primi germi cristallini
- **demo sulle identificazioni dei minerali**, con poster con alcune tra le principali tecniche di riconoscimento di un campione di minerale
- **collegamento Internet** per collegarsi a una serie di siti sui cristalli e sui minerali e per vedere materiale già registrato.

#### 3.2 Esposizione delle foto di solfatara

Una decina di poster fitti di foto che documentavano la vita dei minatori all’inizio del secolo in Italia, dal lavoro di bambini ai minatori nudi per difendersi dal caldo in fondo a pozzi senza ventilazione sufficiente, a quelli con stracci bagnati stretti in bocca per attenuare l’effetto dell’anidride solforosa sui polmoni.

#### 3.3 Le vetrine

Una serie di vetrine contenevano cristalli fatti dagli studenti, cristalli preparati dagli universitari di Roma con tecniche non alla nostra portata, cristalli trovati in natura da collezioni private e dell’università di Roma. Più precisamente:

- **vetrina 1** - i cristalli coltivati dagli studenti;
- **vetrina 2** - i cristalli artificiali dell’Istituto di Mineralogia dell’Università “La Sapienza” di Roma;
- **vetrina 3** - i minerali del (Gruppo Mineralogico Romano);
- **vetrina 4** - i minerali della collezione storica del Liceo Visconti di Roma;

### 3.4 I poster

Un discreto numero di poster da noi preparati permetteva una panoramica ampia ed approfondita di argomenti relativi alla chimica dei cristalli e dei minerali e alla utilizzazione di queste tecniche e concetti nell’industria con particolare riguardo al mondo dell’informatica.

Alcuni titoli:

#### Cristalli in natura

- tra scienza e magia: i cristalli nell’antichità;
- i minerali: dove si trovano;
- i minerali: la chimica dei minerali.

#### Cristalli fatti dall’uomo

- la scienza dei cristalli: cosa sono i cristalli;
- come riconoscere un cristallo;

#### La coltivazione dei cristalli

- come si coltivano i cristalli;
- le ricette dei nostri cristalli;

#### L’industria dei cristalli

- i semiconduttori;
- coltivazione industriale di monocristalli di metalli;
- lavorazione dei monocristalli.

A titolo esemplificativo si riportano degli spunti tratti da alcuni poster.

Dal Poster “*Tra scienza e magia: i cristalli nell’antichità*”

“... *il cristallo non si trova in altro posto se non dove le nevi invernali si accumulano in gran quantità ed è certamente ghiaccio, per questo i greci gli hanno dato il nome cristallo...*” (Plinio il Vecchio, *Naturalis historia*, circa 60 a.C.)

“... *le pietre sono prodotte da germi che si nutrono unicamente di acqua e che acquistano poco a poco la loro solidità e la loro dimensione...*” (Sherley, Londra 1672)

“...*sembra che non si possa dubitare che vi siano delle pietre viventi. ... le diverse specie di piriti, i cristalli di rocca e una infinità di altre pietre hanno bisogno di semi specifici come è il caso dei funghi e dei tartufi... ..il seme delle pietre e dei metalli è una specie di polvere che si stacca da essi mentre sono ancora in vita ... questo pensiero non è affatto nuovo. Plinio dà per certo che Mutanius e Teofrasto hanno creduto che le pietre si riproducano e san Gregorio assicura che ci sono degli Autori che*

*affermano che le pietre fanno all'amore...*"

(Tournefort, Quelques observations sur l'accroissement et la generation des pierres, A.D.S. 1700/1702)

*"... la figura dei cristalli fa parte della natura delle pietre così come accade per le foglie, i fiori e gli alberi. In entrambi i casi si è in relazione con uno spirito architetto e con una facoltà formatrice..."* (de Boot, Le parfait joaillier, Lyon 1644)

*"... io penso che l'acqua comune sia la sola materia di cui sono fatte le pietre. Questa stupefacente teoria non ha bisogno per essere dimostrata di nessun'altra testimonianza se non quella fornita dai nostri sensi. Infatti vediamo tutti i giorni l'acqua comune tramutarsi in pietre di grandezza e forme differenti..."*

(Borrichius, Observations sur la formation des pierres, Actes de Copenhague 1677)

*"... gli antichi hanno creduto che le pietre avessero un'anima e che le pietre non fossero che una manifestazione di essa..."*

(Venette, Traité des pierres 1702)

*"... tutte le volte che lo spirito minerale pietrificante si unisce a un'acqua minerale di grande purezza che non contenga alcuna materia della terra, si formano pietre le cui differenti caratteristiche sono dovute allo spirito formatore..."*

(Mathias Tillingis, Sur la formation des pierres 1665)

Dal Poster *"Le nostre ricette per fare i cristalli"*

*"...formula chimica: NaCl, cloruro di sodio. I suoi cristalli si presentano con habitus cubico (sistema monometrico), talvolta irregolarmente accresciuti, con le facce incavate a gradinata (a tremie) o con una caratteristica striatura a croce. La cella elementare è formata da ioni Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> che si alternano regolarmente nello spazio, ogni ione essendo circondato da sei ioni di segno contrario disposti a 90°.*

*Si trova cristallizzato in giacimenti sotterranei (salgemma) proveniente dall'evaporazione di acque salmastre rimaste intrappolate in antichi bacini chiusi (ogni metro cubo di acqua di mare lascia un deposito di circa 35 Kg di sale). I cristalli possono essere di diversi*

*centimetri di spigolo, limpidi e trasparenti o colorati in azzurro, rosso, giallo per inclusioni o impurezze varie.*

*Il sale da cucina (NaCl, insieme a piccole quantità di altri sali ben accettati perché ne esaltano la sapidità) si ricava sia da miniere (salgemma) sia per evaporazione dell'acqua di mare (sal marino) esposta in vasche artificiali al calore del sole.*

*Trova largo impiego nell'industria (vetri, saponi, varechina..).*

*I monocristalli sono impiegati nell'ottica per la loro trasparenza all'infrarosso."*

#### 4. Le nostre ricette

##### 4.1 Sale da cucina

###### *Preparazione della soluzione satura*

Si mettono in una bottiglia di vetro 200 g di sale da cucina (fino o grosso) e 1/2 litro di acqua distillata. Si tappa e si dibatte vigorosamente per alcuni minuti. La massima quantità di sale da cucina (NaCl) che si può sciogliere in 1/2 litro di acqua distillata a 20°C è 185 g, perciò rimarrà sul fondo un deposito di circa 15 g.

Se non resta deposito avete sbagliato a pesare (colpa vostra o della bilancia): basta aggiungere ancora sale finché non resta deposito.

Filtrare (imbuto e tovagliolo di carta) la soluzione e versare in un recipiente ampio (una zuppiera). Col tempo (un giorno) si formano incrostazioni ai bordi e in superficie che vanno fatte cadere sul fondo. Se queste, dopo un altro giorno, non si sono sciolte abbiamo la sicurezza di avere una soluzione satura di sale che va trasferita, incrostazioni comprese, in una bottiglia.

###### *Preparazione dei germi cristallini*

Versare in un recipiente basso (portaceneri) uno strato di soluzione satura (altezza di 1 cm), coprire con foglio bucherellato di carta (per far uscire il vapore d'acqua e impedire l'ingresso della polvere) e lasciare a sé a temperatura costante (lontano dal termosifone, dal sole..).

Ogni giorno rabboccare aggiungendo soluzione satura per mantenere il livello costante.

Si formerà una crosta con molti cristallini sul fondo: romperla (con uno stuzzicadenti) per fare spazio intorno ai cristallini isolati e più precisi (germi).

###### *Coltivazione dei cristalli*

Il sale da cucina ha il vantaggio di

essere facilmente reperibile, di non essere tossico, di essere poco sensibile ai cambiamenti di temperatura, di non essere aggressivo né sulle mani né con i recipienti, di dare germi piccoli ma perfetti.

Lo svantaggio è che cresce lentamente e che con grande facilità si aggrega con altri cristallini. Abbiamo lasciato i germi immersi sul fondo coperti da circa 0.5 cm di soluzione, pulendoli ogni giorno e cambiando loro ogni volta la faccia di appoggio. Siamo arrivati a un massimo di 5 mm di spigolo.

#### 4.3 Solfato di rame pentaidrato

I cristalli di solfato di rame pentaidrato (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) sono azzurri di forma rombica (sistema triclino) e possono presentare numerose sfaccettature. Sono piuttosto rari in natura perché facilmente solubili, si possono perciò trovare (calcantite) in paesi a clima asciutto (Cile). Provengono da alterazione chimica di giacimenti di solfuri e solfosali metallici.

Il CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O è impiegato come anticrittogamico per curare la peronospora e l'oidio della vite (pol-tiglia bordolese: miscelazione di solfato di rame, latte di calce, zolfo). E' anche un contravveleno per gli avvelenamenti da fosforo.

###### *Preparazione della soluzione satura*

Questa sostanza è tossica, corrode i recipienti metallici, macchia i vestiti e la pelle e deve essere usata, come smacchiatore, ammoniacca. Si devono indossare guanti e un camice.

Si sciolgono 250 g (210 g teorici) di CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O commerciale in 1/2 litro di acqua distillata bollente.

Si scioglie tutto perché questo sale è molto solubile a caldo (a 70°C la stessa soluzione può sciogliere altri 280 g di prodotto).

Si filtra in una bottiglia di plastica resistente al calore e si lascia riposare per una giornata. Il giorno dopo il fondo sarà coperto da una incrostazione di cristalli azzurri. Travasare la soluzione (satura) e l'incrostazione si stacca battendo il fondo della bottiglia (ecco perché di plastica!) con un martello.

###### *Preparazione dei germi cristallini*

Versare in un posaceneri uno strato di un cm di soluzione satura e lasciarla evaporare a temperatura ambiente. Il giorno dopo si formano sul fondo germi cristallini azzurri di qualche mm con la forma di rombi.

### **Coltivazione dei cristalli**

Prelevare i cristallini rombici azzurri, quelli isolati e più precisi. Posarli nel posacenere (che avrete pulito : le incrostazioni che si sono formate lasciatele asciugare a parte per riutilizzarle, la soluzione aggiungetela nella bottiglia della soluzione satura).

Lasciare evaporare a temperatura ambiente, al riparo dalla polvere, rigorosamente lontano da fonti di calore (scioglierebbero i germi in soluzione!). Ogni giorno ripulirli dai cristalli parassiti e mantenere costante il livello della soluzione.

Quando i cristalli sono cresciuti metteteli in un nuovo recipiente più grande ( è sufficiente che il cristallo abbia qualche cm di spazio intorno e sopra di sé).

In un paio di settimane si ottengono facilmente cristalli di diversi cm di lato. (Noi siamo arrivati ad un magnifico monocristallo di una quindicina di cm di lato).

### **4.4 Saccarosio**

La formula chimica del saccarosio (zucchero comune) è  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , si presenta in cristalli incolori prismatici con caratteristiche sfaccettature (sfenoidi), incolori e trasparenti si possono presentare in forme speculari.

Non si trova cristallizzato in natura, ma solo come cristallo artificiale.

Si estrae da vegetali che lo contengono disciolto (barbabietola da zucchero, canna) triturandoli e raccogliendolo per cristallizzazione.

Quello in commercio appare bianco (spesso perché addizionato di un colorante, l'azulene, che copre il giallo delle impurezze) se proviene da barbabietola, altrimenti è di colore dorato (di canna).

### **Preparazione della soluzione satura**

Sciogliere circa 170 g di zucchero in 100 mL di acqua distillata bollente. Lasciar raffreddare. Si otterrà un deposito di cristallini di zucchero.

### **Preparazione dei germi cristallini**

Raccogliere quelli più regolari e lisci (germi).

Non vi lasciate impressionare dalla consistenza sciropposa della soluzione, né dalla tenacia con cui i germi sono attaccati sul fondo e sulle pareti (staccateli con un cucchiaino).

### **Coltivazione dei cristalli**

**68** Riscaldare (a bagnomaria) il recipiente con la soluzione satura finché tutte le incrostazioni si sono sciolte. Raffred-

dare (a bagnomaria) e sospendere in questa soluzione una scheggia di zucchero di scarto. Se dopo alcune ore si è sciolta, aggiungere un cucchiaino di zucchero e ripetere il procedimento finché la scheggia non si scioglie più.

Sostituire alla scheggia di prova il germe cristallino sospendendolo con un filo di seta (un capello). Comincia un processo di deposizione della soluzione sovrasatura che dura circa una settimana.

Durante questo periodo ogni giorno pulire il cristallo di zucchero. Se avete fatto una soluzione troppo sovrasatura il cristallo comincerà a coprirsi di cristalli parassiti : aggiungete un cucchiaino di acqua e ripartite con tutto il procedimento.

Questi cristalli crescono bene una volta trovate le condizioni adatte e vi daranno molta soddisfazione.

Anche perché è l'unica volta che, se vi siete stufati, (e avete lavorato pulito, ma proprio pulito!) potete tranquillamente mangiarveli i vostri esercizi!!

### **4.5 Solfato doppio di alluminio e potassio**

L'allume ha formula chimica:  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  cioè si tratta solfato doppio di alluminio e potassio dodecaidrato. I cristalli si presentano facilmente con forme diverse a seconda delle condizioni di crescita : ottaedri, ottaedri smussati, mattonelle con facce triangolari intere o smussate. Tutte queste forme provengono dalla stessa figura di base per diversa velocità di crescita delle facce. Si trova cristallizzato come minerale (alunite o allumite), con una composizione un po' diversa  $KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$ . Importanti giacimenti sono a Tolfa. Si impiega per la depurazione dell'acqua, come mordente per la tintura dei tessuti, come sbiancante nella preparazione della carta. Ha potere astringente ed è usato per fermare il sanguinamento di piccole ferite (emostatico, facendosi la barba).

### **Preparazione della soluzione satura**

Si sciolgono 100 g di allume in 500 mL di acqua distillata bollente. Si lascia raffreddare e, se il giorno dopo c'è un deposito cristallino, la soluzione può essere considerata satura.

### **Preparazione dei germi cristallini**

Si versa uno strato di 1 cm di soluzione in un recipiente basso (posacenere), lasciando a sé. Dopo un giorno si possono scegliere i cristalli isolati più precisi (germi).

### **Coltivazione dei cristalli**

Il germe va appoggiato sul fondo di un recipiente basso in modo da lasciarlo 1/2 cm sotto il livello della soluzione. Ogni giorno pulirlo e appoggiarlo su una faccia diversa.

E' possibile alternare la sua crescita in soluzioni sature di allume e allume di cromo (viola) ottenendo cristalli uno dentro l'altro.

### **5. Conclusioni**

Il lavoro è stato svolto per due anni consecutivi ed ha coinvolto contemporaneamente classi prime e seconde ciascuna con interventi differenziati ma tutti convergenti sullo stesso obiettivo concreto della messa a punto di una Mostra finale.

La particolarità di condurre un lavoro sperimentale esteso all'intero anno scolastico non ha condizionato lo svolgimento degli altri argomenti del programma scolastico, ma si è rivelata anzi una fonte di continui richiami e stimoli. Per le classi prime è stato un modo di muovere i primi passi tra separazioni, soluzioni e pesate. Per le seconde invece è stata una occasione per approfondire una serie di concetti e per mettere a fuoco l'argomento dei legami chimici riferendosi a quelli incontrati in soluzione (per spiegare la dissoluzione, la saturazione, la dipendenza dalla temperatura), nei cristalli (per spiegare la disposizione geometrica), nei minerali.

Durante i contatti con università e privati gli studenti hanno visionato le collezioni mineralogiche con cognizione di causa e con vivo interesse hanno posto domande sulle tecniche e sulle caratteristiche dei campioni esposti, partecipando attivamente alla scelta di quelli da destinare alla nostra Mostra e raccogliendo informazioni utili per introdurre eventuali modifiche ai metodi da noi applicati per la coltivazione dei cristalli.

La scelta di occuparsi anche di documenti antichi e di citazioni relative a tematiche più ampie ha permesso approfondimenti per noi inediti con escursioni in ambiti storici e con la scoperta "inaspettata" che grandi scienziati avevano espresso dubbi o facevano considerazioni intorno ai cristalli a volte stranamente simili a quelle degli stessi studenti che così hanno avuto la soddisfazione di una insolita esperienza di vicinanza con le cose della scienza.

L'attività pratica è stata vista come propedeutica alla teoria, per cui la pre-

parazione delle soluzioni sature e dei germi cristallini, il loro accrescimento da soluzioni sature per evaporazione o per raffreddamento sono stati momenti di acquisizione di comportamenti della materia che solo in seguito sono stati sistematizzati.

Inoltre, fatto di non trascurabile importanza, è possibile far lavorare tutti, anche studenti di solito meno motivati o con particolari problemi di handicap, perché ci sono livelli operativi diversi a seconda del tipo di cristallo da coltivare e delle tecniche da applicare o da "inventare" fino agli approfondimenti sia di tipo scientifico che storico o più generalmente culturale.

La organizzazione delle conoscenze sperimentali ed i riferimenti alla teoria sono diventati in questo modo convincenti ed interessanti perché motivati dalla curiosità nata dai problemi

e dai fatti concreti incontrati durante il lavoro pratico svolto.

I fatti osservati nella preparazione delle soluzioni sature e durante la coltivazione dei germi cristallini permettono di introdurre per esempio agli ioni (legame ionico), alle loro interazioni col solvente (legami covalenti), ai legami ione-dipolo e dipolo-dipolo, a partire da una prima spiegazione di tipo modellistico per proseguire con approfondimenti che l'insegnante valuterà di volta in volta riguardanti la teoria dei legami, il concetto di equilibrio (legato ai calcoli di solubilità), l'emissione/assorbimento di onde elettromagnetiche (le tecniche di indagine cristallografiche a raggi X).

#### Opere consultate

- Plinio il Vecchio, *Naturalis historia*, ca 60 a C

- Tournefort, *Quelques observations sur l'accroissement et la generation des pierres*, A.D. S. 1700-1702

- De Boot, *Le parfait joaillier*, Lyon 1644  
- Borrichius, *Observations sur la formation des pieffes*, Actes de Copenhague 1677

- Venette, *Traité des pierres* 1702

- Mathias Tillingis, *Sur la formation des pierres* 1665

- Joel E. Arem, *Man-made crystals*, Smithsonian Institution Press, Washington DC 1973

- D.P. Grigorye'v, *Ontogeny of minerals*, S. Monson, Jerusalem

- Helene Metzger, *La genese de la science de cristaux*, Albert Blanchard, Paris 1969

- Antonio Neviani, *Nozioni elementari di Storia Naturale*, Vol. V Mineralogia, Firenze Successori Le Monnier, 1907

- Il grande libro dei minerali e delle gemme, De Agostini, 1997

**Recensione**

 [Continua da pag. 58](#)

L'autore ha semplificato qualche argomento più di quanto a voi sembra ragionevole?

L'autore ha tralasciato qualche evidenza importante che supporta un'idea che viene introdotta e voi vi state chiedendo 'come si può conoscere ciò'?

Pensate che l'autore si sbaglia?

In questa sezione si possono trovare questioni riguardanti argomenti molto diversi; dall'equazione di Schrödinger all'ambiente, dall'interpretazione dei dati numerici ad un problema sulla produzione del vino rosso.

La sezione successiva è intitolata: *Making judgements*. Gli studenti sono abituati a risolvere problemi fornendo la risposta corretta: in questa sezione si esplorano questioni che non hanno una 'risposta giusta'. Negli esercizi in cui è richiesto qualche calcolo, non sono forniti tutti i dati necessari per svolgere i calcoli completi. I problemi riguardano i solventi e la solubilità (6), la sicurezza (4), le reazioni (6), la purezza di una sostanza (4), il rendimento (8), atomi e molecole (8), accuratezza e precisione (8), metodi analitici (6), equilibri (9) e stime (12).

Nella sezione *Reference trails* sono riportati 28 problemi. In questa sezione si vogliono introdurre e allenare gli studenti alla ricerca bibliografica attraverso questioni tratte dalle più prestigiose riviste di chimica. Vengono forniti i dati di partenza e talvolta è necessario fare riferimento alla letteratura riportata nell'articolo citato, per rispondere alle varie domande.

Nella sesta sezione, *Commentaries*, sono riportate alcune soluzioni, (modestamente indicate come le soluzioni preferite dagli autori), in genere con un commento e riguardanti gli esercizi dispari, con qualche eccezione nella sezione *Making judgements*.

L'indice è stato pensato per facilitare i differenti modi nei quali il libro può essere usato. Oltre all'indice analitico convenzionale, c'è un indice nel quale gli esercizi sono organizzati per materie e in un terzo indice gli esercizi sono suddivisi per metodologie didattiche e processi di apprendimento.

I problemi proposti sono stati utilizzati in differenti situazioni di insegnamento e la risposta è stata molto positiva; poiché gli esercizi ammettono più di una risposta accettabile, sembrano essere particolarmente utili per promuovere la comunicazione e l'apprendimento cooperativo tra gli studenti. Questo libro esemplifica al meglio l'idea che l'insegnamento della chimica non è soltanto una questione di imparare dei fatti o seguire delle

procedure, ma è anche ragionare in modo critico e creativo; esso è frutto di un notevole lavoro (come si evince dai molti problemi e dalla loro qualità) fatto dai tre autori, peraltro attivamente coinvolti nello sviluppo di approcci più efficaci nell'insegnamento della chimica. Certamente è una miniera preziosa di esercizi creativi per tutti noi insegnanti di chimica e un necessario "compagno di studi" per tutti gli studenti che vogliono acquisire capacità critiche.

Nel testo c'è purtroppo qualche errore, forse inevitabile nella prima edizione, (p. 16: l'equazione  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  implica che un processo per il quale  $\Delta S$  è *negativa* diventerà più sfavorito con l'aumentare della temperatura) ed è arricchito qua e là da disegni e vignette, azzeccati gli uni e divertenti le altre. Giusto per dare un assaggio al lettore, viene riportato il dialogo tra due antichi egizi: "Desidero essere sepolto all'interno di un grande modello della molecola  $\text{SiCl}_4$ " o tra due esquimesi: "Preferisco la scala kelvin ... sembra più caldo ...". Molto consigliato per tutti gli insegnanti, specie per quelli universitari: l'utilità del libro è tale che vale la pena di superare la difficoltà della lingua.

**Liberato Cardellini**