

I cristalli: qualcosa di... “naturalmente” matematico

NADIA GASPARINETTI*

PRESENTAZIONE

Era la prima volta che partecipavo a “La matematica dei ragazzi” e ho voluto lavorare sul tranquillo, su qualcosa di conosciuto. Così l’idea nasce dal lavoro dello scorso anno sulle simmetrie: avevo trattato i cristalli con la terza, e ho ripreso il lavoro con la terza attuale. Il filo conduttore erano i cristalli e l’esame delle loro caratteristiche fisiche e chimiche, lette con occhio matematico. C’era parecchio materiale e il tutto piaceva molto ai ragazzi. Si potevano eseguire esperimenti e il tema si prestava anche a divagazioni piacevoli e più semplici da trattare anche da parte di alunni con difficoltà, come le pietre preziose, e si poteva parlare di cose più impegnative, come la simmetria. Si è trattato quindi di un percorso basato sulla chimica, ma con aspetti matematici: il calcolo dei volumi, la media aritmetica, le superfici e altro ancora. Il titolo è frutto delle idee della classe.

Ho scelto la terza per vari motivi: è stata per tutto il triennio una classe difficile dal punto di vista comportamentale e quindi bisognosa di lavori che impegnassero i ragazzi in attività pratiche, ma anche una classe con alunni di buone capacità. Lo scorso anno, poi, gli alunni hanno partecipato a un lavoro di matematica “in parallelo” con la classe seconda della sezione che ha presentato un suo laboratorio alla manifestazione (attualmente, classe III C della Sc. Media “Divisione Julia”): si dividevano le classi in due gruppi, che venivano mescolati, e ciascuno lavorava con un’insegnante. Inoltre, la nostra scuola è impegnata dal

1996 nel progetto *Comenius 1* e il lavoro della manifestazione ben si prestava a essere inserito nelle attività. Alla fine, il tema dei cristalli è entrato anche nel compito d'esame di licenza.

LAVORO DI PREPARAZIONE

Ho introdotto l'argomento trattando del motore interno della Terra, dei vulcani e delle rocce ignee: spiegando la differenza tra effusive e intrusive, si parla di cristallizzazione.

Sono partita dall'osservazione diretta di alcuni campioni e ho dato la consegna di ricercare qualche definizione di cristallo che fosse appropriata a ciò che i ragazzi vedevano. Poi mi sono servita delle definizioni e spiegazioni ricavate dal sito web www.comune.pisa.it/gruppogeomineralogico/cristalli.htm, che mi sono sembrate di facile comprensione, e del sito: www.csmtbo.mi.cnr.it/dcssi/Macchi/lectures__SC/cristalli.htm, che suggeriva un percorso di osservazioni.

A questo punto si poteva iniziare. Dopo varie discussioni tra i ragazzi, che ho tentato di mediare, spesso senza risultati apprezzabili, la classe si è divisa autonomamente in 5 gruppi, ognuno con un lavoro ben preciso da presentare; in realtà tale prassi era ormai acquisita dai ragazzi, perché abituale nelle ore di compresenza, soprattutto con l'insegnante di tecnologia.

Ecco la suddivisione degli argomenti tra i gruppi:

- 1) cristallizzazione - densità
- 2) la simmetria nei cristalli
- 3) le pietre preziose
- 4) strutture e modelli di cristalli
- 5) il fullerene e i nanotubi.

Gli alunni avevano previsto un'esperienza di analisi alla fiamma, per evidenziare la presenza di determinati elementi nei minerali; tale prova suscita sempre l'interesse dei ragazzi, anche per l'innegabile impatto visivo. Però, nelle riunioni del Nucleo, si è pensato che l'esperimento potesse presentare un pericolo: durante le visite di scolaresche alla manifestazione ci sono dei momenti di affollamento davanti ai banchi degli esperimenti e non è certo consigliabile tenere accesa la fiamma di un fornello a gas.

Il lavoro è andato avanti per tutto l'anno, fino al mese di maggio. Abbiamo dedicato una o due ore al mercoledì; grazie alle ore di 52 minuti e al conseguente recupero obbligatorio, posso disporre in orario di 7 lezioni settimanali invece delle 6 curricolari, per ogni classe della sezione.

Per quel che riguarda i materiali, abbiamo utilizzato tutto ciò che era disponibile nel laboratorio della scuola, nella biblioteca, in siti Internet, in riviste specializzate, anche di proprietà dei ragazzi. Sono state utilizzate anche delle schede fornite dall'ITI "Malignani" di Udine.

Il gruppo ha presentato due esperimenti: il calcolo della densità di un minerale e la cristallizzazione vera e propria.

MISURA DELLA DENSITÀ DI UN MINERALE QUALSIASI

Materiale occorrente: bilancia, cilindro graduato, due o tre campioni di minerali, acqua. Scheda – guida dell’esperienza [ITI “Malignani” – Udine].

Esecuzione: si pesa il campione di minerale per alcune volte e poi si determina il suo peso come media dei valori ottenuti. Questa è una pratica usuale nei laboratori quando si devono determinare dei valori, generalmente pesate o misure di lunghezza. È una occasione per trattare il problema degli errori. A livello di terza media è sufficiente citare i tipi di errori, sistematici e accidentali. Per la determinazione del volume, ovviamente, non si possono usare le formule che i ragazzi hanno appreso, in quanto la forma del campione non si riconosce in alcuna delle figure solide studiate. Si determina perciò il volume immergendo il campione in un cilindro graduato che contiene un volume dato di acqua; si rileva poi il nuovo livello raggiunto dall’acqua. La differenza è il volume del campione. Anche in questo caso si effettuano più d’una prova e si calcola la media dei valori. Per il calcolo della densità, si applica la formula $d = m/V$. Le unità di misura sono g e cm³.

LA CRISTALLIZZAZIONE

Gli alunni impegnati nell’esperimento hanno iniziato con un po’ di storia: nel 1847 Arcangelo Scacchi realizzò nella sua casa un vero e proprio laboratorio per studiare la formazione di cristalli da soluzioni. Nel 1862 ne scelse un centinaio dalla sua raccolta e li inviò all’Esposizione Universale di Londra, dove furono premiati con una medaglia di bronzo, e poi a Parigi. Egli donò in seguito la sua raccolta di quasi 200 esemplari al Museo Mineralogico dell’Università di Napoli. Attualmente la raccolta consta di circa 300 esemplari: forme perfette per i composti di rame e zinco, colorati dall’azzurro al verde; il nitrato di sodio cristallizza in romboedri incolori che presentano le “spirali di crescita”. Vogliamo imitare lo scienziato?

Materiale occorrente: solfato di rame e/o allume di rocca, acqua, un bunsen, una reticella spargifiamma, un becher, un filo e un pezzetto di legno o una matita o penna.

Esecuzione: si scioglie nell’acqua il sale, scaldando la soluzione fino ad ottenere una soluzione satura (quando si forma un corpo di fondo); si lascia riposare mettendo nella soluzione un filo sorretto da un pezzetto di legno o una penna (servirà da “madre” per la formazione dei cristalli). Il solfato di rame dà dei bellissimi cristalli blu; l’allume di rocca forma cristalli bianchi. In realtà, giocando sulle condizioni di cristallizzazione (temperatura, pressione, bassa velocità di raffreddamento), si hanno risultati diversi: con lento raffreddamento si hanno

cristalli di grandi dimensioni; con raffreddamento veloce, invece, si hanno numerosi cristalli di piccole dimensioni. Con mia grande sorpresa e soddisfazione, i ragazzi hanno osservato da soli queste differenze e mi hanno chiesto spiegazioni, così ho illustrato loro come le diverse condizioni di temperatura e pressione possano influenzare anche la formazione delle rocce.

2° GRUPPO: LA SIMMETRIA NEI CRISTALLI

Ho ripreso con tutta la classe alcune nozioni sulle simmetrie, già studiate in geometria e in educazione tecnica: il piano di simmetria, l'asse e il centro, applicandole ai solidi. Abbiamo analizzato il cubo, il parallelepipedo rettangolo e una bpiramide a base rettangolare, perché queste figure sono esempi molto comuni di cristallizzazione nei minerali. A questo punto i ragazzi hanno cercato sui testi esempi di cristalli che avessero queste forme. Per ognuno di questi solidi il gruppo ha analizzato il numero di assi di simmetria, di piani e centri. Ho concluso il discorso delle simmetrie nei solidi con il concetto di "grado di simmetria", cioè la somma degli elementi di simmetria che un solido ha. Così, ad esempio, il cubo ha grado di simmetria 23 (ha 9 piani, 13 assi e 1 centro di simmetria). Non ho ritenuto necessario continuare ulteriormente lo studio con la classificazione delle forme cristalline, perché la ritenevo un po' complicata per loro. A questo punto, utilizzando le figure riportate nel testo *Chimica* di M. Rippa e con l'aiuto della collega di educazione tecnica, i ragazzi del gruppo hanno costruito i modelli in cartoncino del cubo, del parallelepipedo rettangolo, della bpiramide tetragonale e di un prisma triclino, praticando dei fori per gli stuzzicadenti che dovevano rappresentare l'asse di simmetria rotazionale. Hanno anche preparato un foglio con alcuni esempi di simmetria nei solidi in versione francese e inglese (la classe è nella sezione sperimentale con doppia lingua straniera). Con questi modelli spiegavano ai visitatori quanto appreso sulla simmetria e mostravano anche alcune immagini di cristalli nei quali si riconoscevano le forme studiate. Inoltre si sono esibiti nella stesura di un questionario di loro invenzione con domande sulla simmetria: lo somministravano ai visitatori alla fine della presentazione, come autovalutazione su quanto appreso.

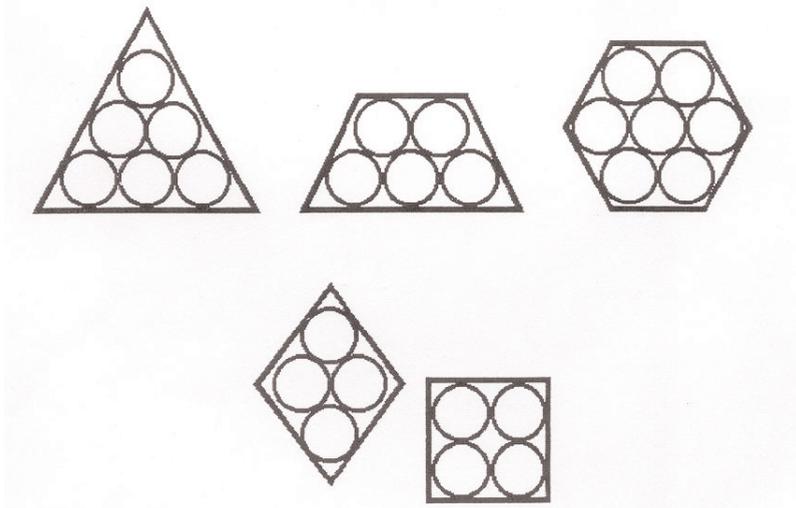
3° GRUPPO: LE PIETRE PREZIOSE

Qui sono state soprattutto le ragazze a occuparsi dell'argomento. Il problema era che alcune di loro erano dotate di buone capacità e quindi mi sembravano sprecate per l'argomento; così ho operato un mescolamento dei gruppi ad attività iniziate. Il gruppo si è occupato del tipo di taglio delle pietre preziose: per le pietre opache o semiopache si usa il taglio "a *cabochon*", cioè a superficie curva semplice o doppia (piana nella parte inferiore e curva in quella superiore – curva in

entrambe); il diamante ha proporzioni fisse, normalmente a 58 facce; esiste ora un nuovo taglio a 66 facce, che gli alunni non hanno avuto difficoltà a trovare perché pubblicizzato a sufficienza su varie riviste. L'unità di misura per i diamanti è il carato, corrispondente alla quinta parte del grammo, cioè 200 mg. La composizione chimica delle pietre viene stabilita dall'analisi chimica: ci sono pietre formate da sostanze semplici (elementi) o composte (composti chimici, leghe). Ho fatto sviluppare ai ragazzi il concetto di polimorfismo, in cui a composizione chimica uguale corrisponde una struttura diversa (da qui si va al fullere, vedi 5° gruppo). Il gruppo ha utilizzato una pubblicazione sulle pietre preziose con schede (*Il magico mondo di minerali e gemme*, ed. De Agostini).

4° GRUPPO: STRUTTURE E MODELLI DI CRISTALLI

Gli alunni hanno iniziato l'esposizione proponendo un quesito: se devo pavimentare una stanza con piastrelle di uguale forma e dimensioni, che forma geometrica devono avere le piastrelle? E hanno fatto vedere varie possibilità sul cartellone, chiedendo poi perché si debba escludere qualche forma e anche se sia possibile ricavare una regola generale che escluda determinate forme (pentagono, ottagon): infatti per gradi e con vari ragionamenti si arriva alla conclusione che le piastrelle che permettono una pavimentazione uniforme sono poligoni regolari, i cui angoli interni sono sottomultipli di 360° . Sono poi passati alla teoria di Hooke (1665), secondo la quale la forma dei cristalli è in relazione al modo di "impacchettarsi" di sfere o globuli. Hooke osservò al microscopio dei cristalli e suggerì l'ipotesi che si potessero riprodurre le loro forme macroscopiche riproponendo all'infinito alcune combinazioni di "globuli" o sfere.



Dalle forme osservate al microscopio (triangolo, trapezio, esagono regolare, rombo, quadrato), si è passati quindi all'ipotesi di impacchettamento per giustificare la forma (vedi Figura).

Seguiva poi una dimostrazione pratica: usando sfere di cellulosa colorate e/o bianche, i visitatori erano invitati a riprodurre le varie forme. Si divertivano soprattutto le classi delle elementari. Il gruppo continuava parlando dei solidi platonici, che riproponeva anche sotto forma di esercizio, facendoli costruire con cartoncino colorato; alla preparazione di questa fase del lavoro ha collaborato l'insegnante di educazione tecnica. Il lavoro è stato utile per comprendere gli sviluppi piani della superficie dei solidi.

5° GRUPPO: FULLERENE E NANOTUBI

Il gruppo che si è occupato dell'argomento era formato da alunni con poche motivazioni e scarsa preparazione. L'unico appiglio che ho trovato (ma è servito!) è stata la passione di uno del gruppo per il gioco del... calcio! Il perché lo saprete tra poco. Inoltre l'argomento toccava temi di scienze studiati durante l'anno, come la nascita di una stella e la corrente. Il gruppo presentava un cartellone con la storia della molecola e qualche notizia sui nanotubi che riassumo qui sotto; poi un'immagine e due modelli fatti dai ragazzi con sfere di plastica, che rappresentavano la struttura del diamante e della grafite. E portavano anche il pallone da calcio.

Un po' di storia. Fino al 1985 si conoscevano solo due forme allotropiche del carbonio: il diamante e la grafite. La struttura del primo è quella del tetraedro, mentre la grafite è formata da piani nei quali gli atomi di carbonio sono legati a formare degli esagoni. Poi Harold Kroto scoprì in laboratorio la terza forma e le diede il nome di "fullerene", da Fuller, famoso architetto che costruiva negli anni '50 del Novecento cupole simili alla struttura della molecola: una specie di gabbia cava simile a un pallone da calcio, formato da 60 atomi di carbonio uniti in 12 pentagoni e 20 esagoni. La scoperta avvenne mentre Kroto studiava la materia interstellare tentando di riprodurre in laboratorio le condizioni "stellari" del carbonio (vaporizzò la grafite colpendola con fasci laser). Kroto amava dire: «*Siamo tutti polvere di stelle*», fatti del materiale pompato fuori dall'atmosfera delle giganti rosse e che viaggia nello spazio. Dalla scoperta, che fruttò il Nobel allo scienziato, scaturì una vasta gamma di applicazioni, che riguardano i semiconduttori, i lubrificanti e persino nuovi farmaci. Nel 1991 si scoprirono i nanotubi, strutture che sono una forma diversa del fullerene, dalle straordinarie proprietà. Sono molto più leggeri dell'alluminio, resistono nel vuoto fino a 2.800°C, trasportano molta corrente (si stima un miliardo di ampere per cm²), sono elastici. Possono essere preparati facilmente anche scaldando il metano in forni, fino a che si libera il carbonio, che si dispone da solo in forma di nanotubi. In medicina sono utili per le loro piccole dimensioni e la capacità di catturare altri atomi.

Possono perciò essere usati come vettori da iniettare nell'organismo per veicolare farmaci. Questa notizia fu trovata su un periodico di divulgazione scientifica da un alunno della classe che lavorava in un altro gruppo, ma che era molto interessato alle scienze.

Con questo lavoro il gruppo si è impegnato di più, acquisendo conoscenze su argomenti che hanno poi facilitato la conduzione del colloquio d'esame di licenza. Anche l'interesse dei visitatori per i modellini da loro costruiti ha migliorato l'autostima.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Alla fine del lavoro di preparazione alcuni ragazzi dei vari gruppi hanno preparato un questionario di autovalutazione (previsto nel lavoro di Comenius), tradotto poi in inglese e francese. Gli insegnanti non vi hanno apportato alcun cambiamento. Osservando le risposte al questionario, ho notato una grande sincerità da parte dei ragazzi e una capacità di autovalutazione che spesso si sottovaluta; anche quando hanno elencato le difficoltà incontrate nel lavoro o nel relazionarsi, ho notato che queste coincidevano con le mie osservazioni. Sono emerse le difficoltà di alcuni relative allo stare insieme, il metodo di lavoro approssimativo dell'ultimo gruppo, l'essere un leader per altri. E, alla fine, anche le reali buone capacità del gruppo classe che, nonostante gli ostacoli incontrati nel triennio, noi insegnanti avevamo sempre percepito.

NOTE

* Istituto Comprensivo
“Divisione Julia”, Viale XX
Settembre, 26, I-34125 Trieste
e-mail: fulerene@libero.it

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 1993, *Le Guide della De Agostini. Il magico mondo di minerali e gemme – Guida pratica per scoprirli e collezionarli*, De Agostini, Novara.

PASSANNANTI S., PONENTE S., 1995, *Corso di chimica con esperienze di laboratorio, e schede relative*, Tramontana, Milano.

RIPPA M., 1979, *Cenni di mineralogia*, allegato al testo *Chimica* dello stesso autore, Zanichelli, Bologna.

SITI WEB

www.comune.pisa.it/gruppogeo-mineralogico/cristalli.htm

www.csmtbo.mi.cnr.it/dcssi/Macchi/lectures_SC/cristalli.htm

<http://kidslink.bo.cnr.it/silvani/simmetrie/geom/lezione.htm>

Si ringrazia la prof.ssa Michela Morelli dell'I. T.I.S. “Malignani” di Udine, che ha gentilmente fornito le schede delle esperienze di laboratorio.