

# Quaderni di EDUCAZIONE AMBIENTALE

CRISTALLI: FORME E COLORI

*Alla scoperta della collezione mineralogica G. Dosi*

~ 18 ~



Quaderni  
di EDUCAZIONE  
AMBIENTALE

CRISTALLI: FORME E COLORI

*Alla scoperta della collezione mineralogica G. Dosi*

A cura di Adamo Nicoletta e Licio Tezza

*Testi di Adamo Nicoletta*

*Museo Civico di Storia Naturale, Piacenza*

*Società Piacentina di Scienze Naturali*

*La collezione mineralogica “Giovanni Dosi” è entrata a far parte delle raccolte scientifiche del Museo civico di storia naturale di Piacenza grazie alla sensibilità dei figli del collezionista, Agostino e Alberto Dosi, che con la loro lungimiranza hanno permesso alla collettività di beneficiare di un patrimonio naturalistico di notevole interesse per qualità e quantità dei reperti.*

*Finito di stampare nel mese di aprile 2017 da Officine Gutenberg, Piacenza*



## **Giovanni Dosi**

Entrato giovanissimo nella storica società di costruzioni RDB, Giovanni Dosi (*Piacenza, 16 gennaio 1912 – 7 settembre 2006*), vi trascorse tutta la vita lavorativa fino a 60 anni, terminando come responsabile dell'ufficio acquisti.

Persona eclettica e collezionista per “vocazione”, si indirizzò prima alla Filatelia ed alla Numismatica, poi alla Mineralogia, a cui ha dedicato più di trent'anni di appassionata ricerca, per poi passare negli ultimi anni della sua vita alla progettazione e costruzione di complicati giocattoli in legno e al modellismo navale e ferroviario.

L'ampia e completa collezione di pietre e minerali di oltre mille esemplari, di cui alcuni molto rari, è frutto di acquisti, scambi e doni ma anche di una attenta personale ricerca nelle Dolomiti durante i periodi di vacanza.

La meticolosa catalogazione di ogni minerale ed i supporti per i pezzi esposti, costruiti ad uno ad uno manualmente dallo stesso Giovanni Dosi, testimoniano la grande passione ed impegno con cui questa collezione è stata creata.

Ed è in questo spirito che la famiglia, nelle persone dei figli Agostino ed Alberto, ha voluto che questa collezione fosse custodita nel luogo più appropriato accessibile ai giovani ed a tutti gli appassionati di Scienze Naturali.

## La collezione

La collezione mineralogica Giovanni Dosi consta di 1.103 esemplari di minerali provenienti da tutto il mondo.

I minerali provengono da ognuno dei 5 continenti e da 56 diverse nazioni, con l'Italia ad essere rappresentata dal più alto numero di esemplari (circa 300) provenienti da quasi tutte le regioni.

Il grande pregio della collezione si esplica però nel numero e nella grande varietà di specie minerali, combinata alla bellezza estetica di gran parte degli esemplari in esposizione, alcuni dei quali di grande dimensione.

Si possono, infatti, ammirare 365 specie diverse di minerali appartenenti a tutte le classi mineralogiche, oltre alle 146 diverse varietà caratteristiche di alcune delle specie minerali presenti nella collezione.

All'interno di questo grande assortimento, spiccano una serie di minerali rari o caratteristici di determinate aree geografiche come, solo per citarne alcuni, *diopside varietà violano* (Val d'Aosta), *vaterite* (Piemonte), *valentinite* (Slovacchia), *eschinite-Y* (Norvegia), *diasporo varietà manganodiasporo* (Sud Africa), *aragonite varietà tarnovitzite* (Namibia), *brasilianite* (Brasile).

La collezione comprende ed è arricchita anche da una serie di elementi e minerali utilizzati come metalli o pietre preziose: sono campioni di *oro nativo*, *argento nativo*, *corindone varietà rubino*, *topazio*, *berillo varietà smeraldo*.

Di particolare interesse sono poi 32 campioni di minerali (25 diverse specie) caratterizzati da radioattività naturale quali, ad esempio, *curite* (minerale dedicato ai coniugi Curie), *uraninite*, *torianite*, *cuprosklodovskite*, *autunite*. A questi si aggiungono 13 campioni che presentano il fenomeno della fluorescenza se illuminati con luce di determinata frequenza e lunghezza d'onda.



## Minerali e stato cristallino

I minerali si formano da soluzioni, fusi e vapori (senza escludere il concorso di organismi sia per deposizione diretta che per azione indiretta). Gli atomi degli elementi presenti sotto forma di ioni, che in queste condizioni hanno una distribuzione casuale e disordinata, con il cambiamento di pressione, temperatura e ambiente chimico (ad esempio la concentrazione) raggiungono una disposizione ordinata caratteristica dello stato cristallino.

La parola minerale è utilizzata in diversi modi, spesso impropriamente; in economia per minerale si intende qualsiasi materiale che si estrae dalla Terra (incluso carbone, petrolio, sabbia, ghiaia, ecc.), mentre in mineralogia la definizione è molto più restrittiva.

In mineralogia si definisce minerale un corpo naturale, per lo più solido ed inorganico, omogeneo dal punto di vista chimico, in quella condizione stabile ed anisotropa dello stato solido che è lo stato cristallino.

Vediamo nel dettaglio il significato delle parole contenute in questa definizione:

- **“un corpo naturale”**: molti solidi cristallini vengono sintetizzati in laboratorio e, in quanto tali, non possono essere considerati minerali, anche se hanno le stesse proprietà.
- **“per lo più solido”**: sono poche le eccezioni a questa regola; la più comune è rappresentata dal mercurio metallico, appartenente al gruppo dei minerali nativi (o elementi), che a temperatura ambiente si presenta allo stato liquido.
- **“ed inorganico”**: alcune definizioni di minerale utilizzano le parole “formati per processi inorganici”; in realtà, entrambe queste affermazioni non sempre sono corrette poiché molti minerali si formano per azione diretta o indiretta di determinati organismi. Ad esempio i carbonati di calcio (*calcite* ed *aragonite*) si formano, quasi esclusivamente, per accumulo di invertebrati marini e così la maggior parte dei componenti gli strati calcarei; il fosfato *apatite* può avere genesi di tipo “inorganico”, tuttavia esso è anche costituente fondamentale di ossa, denti e di alcuni invertebrati. Inoltre, alcuni batteri sono responsabili di molti processi geochimici e influenzano la crescita di molti minerali; ad esempio, la *piritite* (solfuro di ferro) presente in molti scisti e strati carboniferi è in realtà il risultato dell'azione di batteri che agiscono sui solfati presenti nelle rocce riducendoli.

- **“omogeneo dal punto di vista chimico”**: significa che deve presentare una composizione chimica e fisica definita, ma non necessariamente fissa. Per ogni minerale può essere scritta una formula chimica. Ad esempio la formula chimica del *quarzo* è  $\text{SiO}_2$  mentre quella della *dolomite*  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ; il *quarzo* è composto solo da silicio e ossigeno e, quindi, la sua formula è definita e fissa, mentre la *dolomite* può contenere del ferro e del manganese al posto del calcio e, quindi, la sua formula è definita, ma non fissa.
- **“in quella condizione stabile ed anisotropa dello stato solido che è lo stato cristallino”**: significa che deve essere fisicamente stabile (quindi non in fase di trasformazione) e, soprattutto, deve possedere un reticolo ordinato e periodico degli ioni (stato cristallino). La disposizione ordinata degli ioni che costituiscono il reticolo comporta che almeno una proprietà fisica deve cambiare con la direzione (anisotropia).

## Alcune proprietà chimico-fisiche dei minerali

### Forma ed abito

La forma dei cristalli è una descrizione delle geometrie e degli aggregati che un determinato minerale può assumere in natura; l'abito di un cristallo è invece il suo aspetto caratteristico ed è dovuto al prevalere delle forme che si accrescono più lentamente, in quanto le forme che si sviluppano prima presentano facce più piccole o addirittura completamente oscurate dalle facce formatesi in più tempo. Un minerale assume un determinato abito in funzione della simmetria del reticolo cristallino, degli elementi che lo compongono e delle condizioni in cui si accresce, quali ad esempio temperatura, pressione e, soprattutto, spazio a disposizione.

L'abito di un cristallo può quindi fornire indicazioni, oltre che sulla simmetria del minerale, sull'ambiente genetico e sui processi geologici che hanno interessato un minerale durante la sua esistenza. L'abito può essere quindi estremamente variabile, anche nell'ambito di una stessa specie.

I minerali cristallizzano seguendo una suddivisione in tre grandi gruppi:

*monometrico, dimetrico e trimetrico.*

All'interno di questi tre gruppi si possono ulteriormente distinguere:

- Sistema monometrico cubico
- Sistema dimetrico trigonale (o romboedrico).
- Sistema dimetrico tetragonale.
- Sistema dimetrico esagonale.
- Sistema trimetrico ortorombico.
- Sistema trimetrico monoclinico.
- Sistema trimetrico triclino.

## **Durezza**

La durezza è la resistenza di un minerale alla scalfittura, non si riferisce pertanto alla facilità che ha un minerale di rompersi. È una proprietà anisotropa, ossia può variare a seconda delle facce in uno stesso minerale; ciò è dovuto al fatto che la durezza di un minerale dipende dalla densità di legame degli elementi costituenti il reticolo cristallino e tale densità è variabile lungo diverse direzioni cristallografiche.

La durezza relativa dei minerali viene per lo più determinata usando una ideata dal mineralogista Friedrich Mohs e chiamata appunto scala di Mohs. La scala è costituita da dieci comuni minerali di riferimento a ciascuno dei quali è stata assegnato un valore di durezza, in ordine crescente, ed è basata sulla capacità di un minerale di scalfire il precedente (figura 1).

Minerale	Durezza	Foto	Minerale	Durezza	Foto
Talco	1		Feldspato	6	
Gesso	2		Quarzo	7	
Calcite	3		Topazio	8	
Fluorite	4		Corindone	9	
Apatite	5		Diamante	10	

**Figura 1.** Scala di Mohs della durezza relativa dei minerali. I valori di durezza indicano durezza crescente dal valore 1 (*talco*) al 10 (*diamante*)

## Colore

Per colore di un minerale si intende sempre il colore che si osserva in luce naturale; il colore di un minerale è determinato dal tipo di interazione tra luce e specie minerale che ne risulta colpita, in particolare è funzione dell'assorbimento delle lunghezze d'onda che lo attraversano. Un minerale risulterà incolore quando trasmette tutte le lunghezze d'onda, bianco quando le riflette tutte, nero quando le assorbe tutte. Il colore può variare anche all'interno della stessa specie mineralogica, variazione che solitamente si presenta nei minerali con lucentezza non metallica.

In base alle colorazioni che possono assumere, i minerali si distinguono in idiocromatici e allocromatici. I minerali idiocromatici presentano sempre uno stesso colore: tale proprietà è direttamente correlata alla composizione chimica del minerale. I minerali secondari del rame, ad esempio, appaiono sempre colorati nelle tonalità del verde e del blu: la *malachite* è verde, l'*azzurrite* è blu e la *turchese* è azzurra. Altre volte, a parità di composizione chimica, il colore dipende dalla struttura cristallina e dal tipo di legame esistente tra gli atomi, come avviene nei polimorfi del carbonio, dove il *diamante* (C) può assumere diversi colori o essere trasparente e la *grafite* (C) risulta essere sempre di colore nero ed opaca. Spesso lo stato di aggregazione influisce sul colore: ad esempio, l'*ematite* (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) in cristalli è sempre di colore grigio-nero, molto lucente e di aspetto metallico mentre, ridotta in polvere, è sempre di colore rosso-sangue ed opaca. La costanza del colore nei minerali idiocromatici è dovuta dalla presenza di elementi cromofori, ovvero atomi capaci di conferire colorazione ad una sostanza (come titanio, cromo, ferro, nichel, rame, manganese) che entrano costantemente nella composizione dei minerali.

Nei minerali allocromatici il colore può cambiare all'interno di una stessa specie mineralogica e portare ad errori di riconoscimento. In questi minerali, la colorazione può essere determinata da più fattori fra i quali: la presenza dei medesimi elementi cromofori nella struttura del minerali, stavolta però come ioni estranei; la presenza di difetti strutturali nel reticolo cristallino detti centri di colore; la presenza di inclusioni di particelle, più o meno fini, di altri minerali colorati che impartiscono una colorazione particolare alla massa. La maggior parte delle specie minerali sono allocromatiche. *Diamante, corindone, topazio, berillo e tormalina*, ad esempio, possono presentarsi in almeno sei colori differenti. Tra i minerali allocromatici si possono individuare anche alcune specie che presentano pietre policromatiche, come ad esempio il *quarzo*, la *fluorite*, il *topazio* e la *tormalina*.

## Lucentezza

La lucentezza è la proprietà che indica la capacità di un minerale di riflettere la luce. I minerali possono presentare diversi tipi di lucentezza in base al rapporto tra la quantità di luce riflessa e quella rifratta ed assorbita dal mezzo ottico ovvero dal minerale stesso. La lucentezza metallica è caratteristica dei minerali metallici (*argento, oro, rame, ecc*), dei solfuri (come *pirite* o *galena*) e degli ossidi (come la *ematite*) che riflettono la maggior parte della luce incidente; la lucentezza non metallica è tipica dei minerali trasparenti o traslucidi. Un minerale è trasparente quando la luce riesce ad attraversare il minerale e si riesce a vedere nitidamente ciò che c'è dietro. Un minerale si definisce traslucido quando la luce lo attraversa solo parzialmente e si riesce solo a percepire la forma di un oggetto posto dietro, ma non a distinguerne i contorni. Si definiscono, infine, opachi quei minerali che riflettono quasi tutta la luce, cioè la luce non riesce a passare attraverso il minerale.

Si possono distinguere diversi tipi di lucentezza non metallica che si possono così distinguere dal nome di vari materiali:

- adamantina: molto viva, caratteristica del *diamante*;
- vitrea: la più comune nei minerali, ad esempio *quarzo, corindone*;
- sericea: tipica dei minerali fibrosi;
- grassa: la superficie appare “unta”, come nel *talco*;
- madreperlacea: caratteristica di minerali costituiti da sottili strati iridescenti a causa della presenza di irregolarità sulla superficie del cristallo, come nelle *miche*;
- resinosa: l'aspetto del minerale è simile a quello di una resina, come per lo *zolfo*;
- terrosa: non si ha riflessione della luce a causa della rugosità della superficie o perché si è in presenza di un aggregato di microcristalli, come nelle *argille* o nella *bauxite*.

## **Classificazione dei minerali**

In natura esistono circa 3400 tipi di minerali diversi e altri se ne aggiungono alla media di 20-30 all'anno. Una così grande varietà rende necessario seguire un criterio di classificazione sistematica, in particolare un criterio cristallografico secondo il quale l'unità di base è la specie minerale. Una specie minerale può presentare, a sua volta, varietà caratterizzate da particolari proprietà chimico-fisiche molto omogenee che non si ritrovano con la stessa costanza nella specie considerata.

La classificazione cristallografica seguita è quella elaborata dal mineralogista tedesco Strunz e proposta per la prima volta nel 1938, che ha subito da allora una costante opera di aggiornamento.

Secondo la *classificazione di Strunz* le specie minerali vengono suddivise in 9 classi:

- I) Elementi (con Leghe, Carburi, Nitruri e Fosfuri)
- II) Solfuri (con Seleniuri, Tellururi, Arseniuri, Antimoniuri, Bismuturi)
- III) Alogenuri
- IV) Ossidi e Idrossidi
- V) Carbonati, Borati e Nitrati
- VI) Solfati (con Cromati, Molibdati, Wolframati)
- VII) Fosfati, Arseniati e Vanadati
- VIII) Silicati
- IX) Sostanze organiche

## I - Elementi

Con il termine elemento nativo si indica un minerale che contiene una sostanza semplice pura, ovvero una sostanza chimica costituita esclusivamente da atomi appartenenti ad un solo elemento e non combinati con atomi di altri elementi. Tali minerali vengono indicati utilizzando il nome dell'elemento chimico corrispondente, ad esempio: *rame nativo*, *oro nativo*, ecc. Gli elementi nativi possono ritrovarsi sotto forma di cristalli o in forma amorfa. Si trovano sia allo stato solido, come *oro*, *argento* e *rame*, che allo stato liquido, come il *mercurio*. Alcuni elementi nativi si trovano sotto varie forme: ad esempio il carbonio (C) allo stato nativo si trova sia come *diamante* che come *grafite*, in base all'ambiente di formazione; infatti i *diamanti* si formano nel mantello terrestre ad altissime pressioni (profondità maggiori di 150 km), mentre la *grafite* si forma in ambiente metamorfico a pressioni molto più basse.

Il gruppo degli elementi nativi include, quindi, metalli (*oro*, *argento*, *rame*), alcuni composti intermetallici (estremamente rari), semi-metalli (*antimonio*) e non metalli (*bismuto*, *grafite*, *zolfo*).

Questo gruppo comprende anche alcune leghe naturali, fosfuri, siliciuri, nitrucci e carburi. Questi ultimi si trovano in natura solo in alcune rare meteoriti.

## II - Solfuri

Un solfuro è un composto privo di ossigeno, formato dallo zolfo e da uno o più metalli.

La struttura cristallina dei solfuri più semplici si può considerare come un impacchettamento cubico compatto di atomi di zolfo con piccoli atomi di metallo in alcuni interstizi, come succede, ad esempio, nella struttura della *pirite* ( $\text{Fe}_2\text{S}$ ). La *sfalerite* ( $\text{ZnS}$ ) presenta, invece, struttura tetraedrica dove ciascun atomo di zinco (Zn) è circondato da 4 atomi di zolfo (S) e viceversa.

Questa classe comprende anche un gran numero di minerali di cui fa parte la maggior parte di quelli che rivestono un interesse estrattivo per fini industriali, ovvero quelli metalliferi.

Molti solfuri hanno aspetto metallico, lucente, con colori intensi; molti sono opachi, altri trasparenti o traslucidi. Sono caratterizzati da elevata densità, ma sono fragili.

Di questa classe fanno anche parte i minerali analoghi ai solfuri, ma molto più rari, in cui al posto dello zolfo (S) si trovano elementi come selenio (Se, seleniuri), tellurio (Te, tellururi), arsenico (As, arseniuri), bismuto (Bi, bismuturi) e antimonio (Sb, antimoniuri).

A questi composti si aggiungono i minerali derivati dall'anidride solforosa (SO<sub>4</sub>), noti come solfosali.

I minerali della classe dei solfuri si formano prevalentemente in ambienti metamorfici o di alterazione idrotermale sia di bassa temperatura (ad esempio, *stibina* Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, *pirite* FeS<sub>2</sub>, *argentite* Ag<sub>2</sub>S) che di alta temperatura (ad esempio, *calcopirite* CuFeS<sub>2</sub>, *pirrotina* Fe<sub>11</sub>S<sub>12</sub>, *arsenopirite* FeAsS); in ambiente magmatico si ritrovano come minerali di prima segregazione solo alcune specie, come ad esempio *bornite* (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>), *pirrotina*, *pirite*; rare invece le specie che si formano in ambiente sedimentario per precipitazione chimica (*sfalerite*, ZnS) o per alterazione di altri minerali (*greenockite*, CdS). L'azione di batteri solfato-riducenti (*Desulfovibrio*) è fondamentale nell'accumulo di solfuri biogenici quali *pirite*, *marcasite*, *pirrotina*, *sfalerite* e *wurtzite*.

### III - Alogenuri

La classe degli alogenuri comprende composti semplici, in cui un elemento alogeno è legato ad un metallo alcalino. Gli alogeni fluoro (F) e cloro (Cl) sono molto comuni, mentre sono molto più rari bromo (Br) e iodio (I); i metalli alcalini più comuni negli alogenuri sono sodio (Na), calcio (Ca) e potassio (K).

La struttura cristallina degli alogenuri è determinata dal fatto che i legami tra gli anioni alogeni di grandi dimensioni e i cationi alcalini di piccole dimensioni siano di natura sferica e non direzionale come avviene per le altre classi minerali. Questa caratteristica fa sì che anioni e cationi si comportino come sfere quasi perfette e si giustappongono secondo uno schema che permette la massima simmetria, ovvero la simmetria cubica.

All'interno di questa classe le due famiglie più importanti e diffuse sono i cloruri e i fluoruri. Tra i cloruri ricordiamo la *halite* o *salgemma* (NaCl), la *silvite* (KCl), la *atacamite* (Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>Cl); tra i fluoruri ricordiamo la *fluorite* (CaF<sub>2</sub>).

Mentre i cloruri si formano soprattutto in ambiente sedimentario per deposizione da soluzioni sature che evaporano, i fluoruri sono tipici delle rocce magmatiche in particolare delle pegmatiti e delle vene idrotermali a esse associate.

Ricordiamo che il cloruro di sodio è il comune "sale" che viene usato nell'alimentazione, come conservante alimentare e come decongelante delle strade.

#### IV - Ossidi

I minerali appartenenti alla classe mineralogica degli ossidi sono formati dall'unione di ossigeno (O) e di uno o più metalli, i più comuni e importanti dei quali sono ferro (Fe), alluminio (Al), magnesio (Mg), manganese (Mn), rame (Cu), zinco (Zn), berillo (Be), cromo (Cr) e titanio (Ti).

La struttura cristallina è generalmente costituita da un impacchettamento compatto di grandi anioni  $O^{2-}$  con piccoli cationi metallici; questi ultimi sono sistemati negli spazi tra gli atomi di ossigeno e circondati da quattro o sei atomi di ossigeno. I legami tra ossigeno e metalli sono molto forti e questo determina la elevata durezza e la alta densità degli ossidi.

Si trovano come minerali accessori delle rocce magmatiche e metamorfiche e, data la loro forte resistenza agli agenti atmosferici e alla disgregazione durante il trasporto nei corsi d'acqua, vengono ritrovati anche concentrati in accumuli all'interno di depositi sedimentari.

Tra le specie minerali appartenenti a questa classe ricordiamo: *spinello* ( $MgAl_2O_4$ ), *ematite* ( $Fe_2O_3$ ), *magnetite* ( $Fe_3O_4$ ), *ilmenite* ( $FeTiO_3$ ), *rutilo* ( $TiO_2$ ) e *corindone* ( $Al_2O_3$ ).

Gli ossidi ricoprono grande importanza prevalentemente nell'industria dell'estrazione dei metalli (ad esempio la *cromite* ( $FeCr_2O_4$ ) è l'unico minerale da cui si estrae il cromo (Cr)) anche se alcune specie ricoprono importanza come pietre preziose, come le varietà di *corindone* conosciute con il nome di *rubino* (rosso) e *zaffiro* (giallo-arancio).

Molto importanti sono anche gli ossidi di elementi radioattivi quali uranio (*uraninite*,  $UO_2$ ) o torio (*torianite*,  $ThO_2$ ) per quanto concerne l'estrazione di questi elementi.

Tra tutti gli ossidi, un'attenzione particolare va rivolta al *quarzo*. Il *quarzo* (*silice* o *diossido di silicio*,  $SiO_2$ ) è la specie minerale più abbondante e comune nella crosta terrestre (circa il 12% del suo volume). Il *quarzo* presenta una struttura cristallina trigonale costituita da tetraedri silicio-ossigeno uniti tra loro per i 4 vertici a formare delle spirali ad andamento destro o sinistro.

Si forma principalmente per cristallizzazione diretta dal magma (fase pneumatolitica-pegmatitica fino a idrotermale di bassa temperatura), mentre in ambiente sedimentario si ritrova sottoforma di materiale detritico, di precipitato come cemento di arenarie consolidate e di minerale diagenetico derivato dallo scheletro di particolari micro-organismi acquatici quali diatomee o radiolari. Cristallizza inoltre per precipitazione diretta sia da soluzioni acquose sature calde (geyseriti) che fredde (ialiti). In

ambiente metamorfico è stabile in tutto l'intervallo di stadi del metamorfismo, dal più basso al più alto.

Il *quarzo* comune è la forma  $\alpha$ -SiO<sub>2</sub> che è stabile fino a 573 °C, temperatura oltre la quale è stabile la forma esagonale  $\beta$ -SiO<sub>2</sub> che si conserva solo in rocce vulcaniche.

La silice ha altre forme polimorfe conosciute:

- *crystalite  $\alpha$*  (tetragonale) e *crystalite  $\beta$*  (cubica), si forma all'interno di cavità di rocce vulcaniche che hanno subito un raffreddamento molto rapido, in vetri vulcanici (ossidiane) o per metamorfismo di elevata temperatura su rocce molto ricche di *quarzo*;
- *tridimite* (esagonale), tipica di cavità di rocce vulcaniche molto acide, ovvero contenenti elevate quantità di silice (> 65%);
- *melanoflagite*, rarissima forma cubica rinvenuta nelle miniere di zolfo siciliane e in fessure di rocce della Toscana.

Il *quarzo* ha un gran numero di varietà differenti. Una prima, importante, distinzione va fatta tra le varietà:

- *macrocristallina* (cristalli individuali visibili ad occhio nudo)
- *microcristallina* o *criptocristallina* (aggregati di cristalli visibili solo utilizzando elevati ingrandimenti).

Tra le diverse varietà di *quarzo* sono da ricordare:

- *ialino*, incolore e trasparente;
- *ametista*, viola più o meno marcato per presenza di piccole percentuali di ferro (Fe<sup>3+</sup>), apprezzato come gemma
- *citrino*, di colore giallo
- *affumicato* (o *fumè*), da bruniccio fino a bruno quasi nero (*quarzo morione*)
- *rosa*, rossiccio o rosa, raramente in cristalli trasparenti
- *occhio di tigre*, da giallo a giallo bruno, costituito da *quarzo* fittamente incluso da fibre subparallele di crocidolite ossidata (silicato di sodio, ferro e magnesio)

- *avventurina*, con inclusioni lamellari di mica o ematite che riflettono la luce con scintillio a volte anche colorato.
- *calcedonio*, nome usato per sottovarietà fibrose o granulari micro/criptomicrocristalline, grigiastre o brunastre o variamente colorate (ad esempio corniola, diaspro, agata, onice, selce, legno silicizzato).

Il *quarzo* è un costituente comune delle rocce magmatiche e in particolare delle rocce magmatiche intrusive acide, tra le quali il più conosciuto è il granito; è abbondante anche come componente delle rocce sedimentarie, preferenzialmente nelle arenarie, a causa della sua elevata resistenza alla degradazione chimica da parte agenti atmosferici, alla disgregazione meccanica durante il trasporto sedimentario ed alla sua insolubilità all'acqua.

È, inoltre, costituente importante di rocce metamorfiche sia di basso grado (filladi o quarziti) che di alto grado (granuliti ed eclogiti); in molti casi il *quarzo* viene facilmente mobilizzato in vene a causa delle elevate condizioni di pressione e temperatura.

## V - Carbonati

Le rocce composte principalmente da carbonati, in particolare quelle calcaree, costituiscono il 4% in peso della crosta terrestre e ne ricoprono circa il 40% dell'intera superficie.

La struttura cristallina dei carbonati si basa sul gruppo  $[\text{CO}_3]$ . Il gruppo  $[\text{CO}_3]^{2-}$  è un anione complesso (o gruppo anionico) composto da tre atomi di ossigeno (O) disposti al vertice di un triangolo equilatero con al centro un atomo di carbonio (C). I gruppi  $[\text{CO}_3]$  sono isolati tra loro e, di conseguenza, non formano catene, anelli o strati.

Le strutture cristalline dei carbonati vengono completate dalla presenza di cationi di elementi sottoforma di cationi, quali calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganese ( $\text{Mn}^{2+}$ ), zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ), stronzio ( $\text{Sr}^{2+}$ ), bario ( $\text{Ba}^{2+}$ ), piombo ( $\text{Pb}^{2+}$ ), cobalto ( $\text{Co}^{2+}$ ), rame ( $\text{Cu}^{2+}$ ).

Il carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) è il carbonato più diffuso in natura ed è presente sottoforma di tre diversi polimorfi:

- *calcite* (trigonale – romboedrica), rappresenta una delle specie minerali più diffuse e abbondanti degli ambienti superficiali terrestri ed è il più stabile dei tre polimorfi in condizioni di temperatura e pressione ambiente.

- *aragonite* (rombica), polimorfo di alta pressione del carbonato di calcio, meno comune e meno stabile della calcite alle condizioni ambientali;
- *vaterite* (esagonale), specie polimorfa molto rara di origine essenzialmente idrotermale e poco stabile alle condizioni ambientali.

I carbonati della serie della *calcite*, della *aragonite* e della *dolomite* (carbonato doppio di calcio e magnesio) sono, tra le varie specie di carbonati, quelli più importanti.

Fra i carbonati della serie della calcite ricordiamo:

<i>Calcite</i>	$\text{CaCO}_3$
<i>Magnesite</i>	$\text{MgCO}_3$
<i>Siderite</i>	$\text{FeCO}_3$
<i>Smithsonite</i>	$\text{ZnCO}_3$
<i>Rhodocrosite</i>	$\text{MnCO}_3$

Fra i carbonati della serie della aragonite ricordiamo:

<i>Aragonite</i>	$\text{CaCO}_3$
<i>Cerussite</i>	$\text{PbCO}_3$
<i>Stronzianite</i>	$\text{SrCO}_3$

Fra i carbonati della serie della dolomite ricordiamo:

<i>Dolomite</i>	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
<i>Ankerite</i>	$\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$

Un cenno a parte meritano la *malachite* ( $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2/\text{CO}_3]$ ) e la *azzurrite* ( $\text{Cu}_3[\text{OH}/\text{CO}_3]_2$ ) sia per il loro pregio come pietre preziose che per il loro interesse legato all'estrazione del rame (Cu). Entrambi questi carbonati si formano per alterazione di solfuri in ambiente carbonatico, in zone di ossidazione superficiali di giacimenti di rame.

I carbonati, in particolar modo la *calcite* e la *dolomite*, sono importanti componenti di rocce sedimentarie, quali i calcari e le dolomie.

La *calcite* si forma sia per precipitazione chimica che per evaporazione di soluzioni cariche di carbonato di calcio oppure come risultato dell'attività biologica di organismi marini e di acqua dolce che utilizzano il minerale per costruire il loro guscio (ad esempio i molluschi).

La *dolomite* si forma in ambiente diagenetico, principalmente in bacini marini profondi, per azione dell'acqua marina su fanghi calcarei sedimentari o di origine organica.

Sia la *calcite* che la *dolomite* sono presenti in alcuni tipi di rocce metamorfiche, in particolar modo in quelle derivate da originarie rocce sedimentarie carbonatiche per trasformazioni di pressione e temperatura avvenute in profondità: come i marmi (celebre il marmo di Carrara) che sono composti quasi esclusivamente da *calcite* ricristallizzata.

La *aragonite* si ritrova in alcuni tipi di rocce metamorfiche formatesi in condizioni di alta pressione e bassa temperatura (ad es. scisti a *glaucofane*), ma si forma anche in ambiente sedimentario favorita da attività biologica oppure in ambiente evaporitico per precipitazione chimica da soluzioni in cui sono presenti cationi quali piombo, stronzio, zinco.

La presenza dei carbonati come componenti di rocce magmatiche si limita alle carbonatiti, particolari e rari tipi di rocce magmatiche intrusive ed effusive costituite prevalentemente da carbonati (*calcite*, *dolomite*, *ankerite*), e alle sienite nefeliniche, rocce magmatiche intrusive che comprendono calcite di formazione primaria.

Alcuni tipi di carbonati (*calcite*, *dolomite*, *aragonite*, *rodocrosite*, *siderite*, *stronzianite*) si rinvencono in molti filoni o vene idrotermali.

## V - Borati

I borati fanno parte della V classe mineralogica nella classificazione di Strunz, assieme a carbonati e nitrati.

La struttura cristallina dei borati è basata sul gruppo anionico  $[\text{BO}_3]^{3-}$ , costituito da un atomo centrale di boro (B) circondato da 3 atomi di ossigeno (O) posti ai vertici di un triangolo. Similmente a quanto avviene nei silicati, i tetraedri  $[\text{BO}_3]$  possono essere isolati o raggruppati a formare doppi triangoli uniti per il vertice, anelli di triangoli, fogli di triangoli e catene di triangoli.

In aggiunta a ciò, il gruppo  $[\text{BO}_3]$  può entrare a far parte di molecole complesse, come nel caso del gruppo anionico  $(\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_3)^{2-}$  formato da un triangolo e due tetraedri. Nella struttura cristallina della *colemanite* ( $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) si trovano infinite catene di triangoli e tetraedri, mentre in quella del *borace* ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) è presente un complesso gruppo anionico  $(\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4)^{2-}$  composto da due triangoli e due tetraedri.

I borati si formano prevalentemente in ambienti evaporatici (ad esempio il *borace*), in ambienti di lieve metamorfismo, come precipitati all'interno di cavità di sedimenti (*colemanite*) e nelle prossimità di sorgenti calde o fumarole.

L'uso più comune dei borati è quello dell'estrazione di boro, usato poi come additivo per prodotti medicali, detergenti o cosmetici (ad esempio borotalco), vetri speciali, prodotti tessili.

## VI - Solfati

La classe mineralogica dei solfati è costituita da un grande numero di specie minerali, ma solo alcune si ritrovano comunemente in natura.

La struttura cristallina dei solfati si basa sul gruppo  $[\text{SO}_4]$ . Il gruppo  $[\text{SO}_4]^{2-}$  è un anione complesso (o gruppo anionico) composto da 4 atomi di ossigeno (O) che occupano i vertici di un tetraedro al cui centro si trova un atomo di zolfo (S), in forma di catione  $\text{S}^{6+}$ . I tetraedri  $[\text{SO}_4]$  non sono a diretto contatto tra di loro e, di conseguenza, non formano strutture complesse come anelli, catene o strati.

Le strutture cristalline dei solfati vengono completate dalla presenza di elementi sottoforma di cationi, quali calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), bario

(Ba<sup>2+</sup>), magnesio (Mg<sup>2+</sup>), ferro (Fe<sup>2+</sup>), manganese (Mn<sup>2+</sup>), stronzio (Sr<sup>2+</sup>), piombo (Pb<sup>2+</sup>), rame (Cu<sup>2+</sup>), potassio (K<sup>+</sup>), alluminio (Al<sup>3+</sup>), sodio (Na<sup>+</sup>).

I solfati più importanti e comuni in natura sono quelli anidri e quelli idrati. Al gruppo degli anidri appartengono i minerali del gruppo della *barite* (BaSO<sub>4</sub>) e del gruppo della *anidrite* (CaSO<sub>4</sub>). Tra i minerali appartenenti al gruppo della barite ricordiamo anche *celestina* (SrSO<sub>4</sub>) e *anglesite* (PbSO<sub>4</sub>).

La *anidrite* (rombica), è rara in cristalli tabulari o prismatici, comunemente è massiva. Si forma in contesti di clima arido all'interno di depositi sedimentari chimici evaporatici; può inoltre generarsi dalla disidratazione del *gesso* per processi metamorfici su originarie rocce evaporitiche.

Il *gesso* (monoclino), è il più importante tra i solfati idrati e si ritrova in cristalli tabulari o prismatici che possono raggiungere anche dimensioni molto grandi. È il tipico minerale sedimentario di origine chimica: si forma, infatti, in ambiente evaporitico per precipitazione diretta da acque sature, in contesti di clima arido; si forma, inoltre, per idratazione dell'*anidrite*, per sublimazione diretta da fumarole vulcaniche o per precipitazione da sorgenti calde di origine vulcanica. Frequentemente si ritrova come geminato, in particolare a coda di rondine. Tra le sue varietà ricordiamo l'*alabastro* (microcristallino compatto) utilizzato per sculture e oggetti di arredamento, la *rosa del deserto*, la *selenite*, la *sericolite*. Viene usato per la sua capacità di disidratarsi con il riscaldamento, perdendo molecole di H<sub>2</sub>O fino a diventare CaSO<sub>4</sub> • ½H<sub>2</sub>O; questa sostanza se bagnata assorbe acqua, si dilata e, indurendo, diventa un legante (gesso da presa).

La maggior parte dei solfati si forma per alterazione nelle zone di ossidazione di giacimenti metalliferi o per evaporazione di acque salate (marine o lacustri). Solo la *barite* e pochi altri solfati si ritrovano come minerali primari in filoni di origine magmatica.

## VII - Fosfati e Vanadati

La VII classe di mineralogica della classificazione di Strunz è composta dai fosfati, dai vanadati e dagli arseniati. Sebbene a questa classe appartengano un gran numero di specie minerali (circa 700), la grandissima parte di essi sono abbastanza rari.

La struttura cristallina di questa classe di minerali si basa su un gruppo anionico di tipo [XO<sub>4</sub>]<sup>3-</sup>. Per i fosfati si sostituisce alla X

il fosforo (P), per i vanadati il vanadio (V) e per gli arseniati l'arsenico (As). Quindi i tre gruppi anionici sono rispettivamente:  $[\text{PO}_4]$ ,  $[\text{VO}_4]$  e  $[\text{AsO}_4]$ .

I gruppi anionici sono costituiti, quindi, dal catione caratteristico circondato da 4 atomi di ossigeno (O) posti ai quattro vertici di un tetraedro. In genere, nella struttura i tetraedri non sono a contatto tra loro.

Nei minerali appartenenti a questa classe, il fosforo, l'arsenico e il vanadio possono occupare, all'interno della struttura cristallina, l'uno la posizione dell'altro in proporzioni molto ampie, caratteristica questa che complica il chimismo delle diverse specie minerali.

Alcuni fosfati (ad esempio, *apatite*  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})$ ) sono minerali di formazione primaria e sono presenti in alcune rocce magmatiche e pegmatiti, altri sono minerali di origine secondaria formati in seguito a processi di alterazione che avvengono in prossimità della superficie terrestre, in particolare in zone di giacimenti metalliferi.

I vanadati e gli arseniati sono minerali relativamente rari e quasi sempre associati a zone di alterazione in corrispondenza di giacimenti metalliferi (ad esempio, *vanadinite*  $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$ ).

I fosfati sono i minerali più utilizzati appartenenti a questa classe, in particolar modo la *apatite* nella fabbricazione dei concimi o come gemma. Un fosfato particolarmente importante come gemma è invece la *turchese*  $(\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$

## VIII - Silicati

I silicati rappresentano la classe di minerali più numerosa in quanto costituiscono circa il 90% della crosta terrestre. Rappresentano inoltre circa il 40% di tutte le specie minerali più comuni e circa il 25% di tutte le specie minerali conosciute.

La struttura cristallina di tutti i silicati si basa sul gruppo anionico  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , costituito da un atomo centrale di silicio (Si) circondato da 4 atomi di ossigeno (O) posti ai vertici di un tetraedro. Nei silicati i tetraedri  $[\text{SiO}_4]$  possono essere isolati o raggruppati in varie maniere.

In base a tali diverse disposizioni i silicati vengono classificati secondo 6 sottoclassi mineralogiche:

- *Nesosilicati* (dal greco *nesos*, «isola»), i gruppi tetraedrici  $[\text{SiO}_4]$  non sono collegati direttamente tra loro. Nel caso più

semplice la parte silicatica nella formula chimica è indicata con  $\text{SiO}_4$  (ad esempio *olivina*,  $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$ );

- *Sorosilicati* (dal greco *soròs*, «mucchio, gran quantità»), i gruppi tetraedrici  $[\text{SiO}_4]$  sono collegati tra loro a due a due avendo in comune un atomo di ossigeno di vertice. Nel caso più semplice la parte silicatica nella formula chimica è indicata con  $\text{Si}_2\text{O}_7$  (ad esempio *emimorfite*,  $\text{Zn}_4[(\text{OH})_2/\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$ );
- *Ciclosilicati* (dal greco *kýklos*, «cerchio»), i gruppi tetraedrici  $[\text{SiO}_4]$  sono uniti a formare anelli nei quali ogni tetraedro ha in comune due atomi di ossigeno con gli altri. Nella formula la parte silicatica è indicata con  $\text{Si}_n\text{O}_{3n}$ , dove n rappresenta il numero di tetraedri dell'anello (ad esempio *berillo*,  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ );
- *Inosilicati* (dal greco *inos*, «catena o fibra»), i gruppi tetraedrici  $[\text{SiO}_4]$  formano catene illimitate; tali catene possono essere singole, in cui ogni tetraedro condivide due atomi di ossigeno con altri due tetraedri, o doppie, dove i tetraedri condividono con gli altri alternativamente due e tre atomi di ossigeno. Nel caso più semplice di catena singola, nella formula la parte silicatica è indicata con  $\text{Si}_2\text{O}_6$  (ad esempio *diopside*,  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ).
- *Fillosilicati* (dal greco *phýllon*, «foglia»), ogni gruppo tetraedrico  $[\text{SiO}_4]$  ha in comune tra atomi di ossigeno con altri tre tetraedri in modo da formare strati illimitati; Nel caso più semplice, la parte silicatica nella formula viene indicata con  $\text{Si}_2\text{O}_5$  o un suo multiplo (ad esempio *caolino*,  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ );
- *Tettosilicati* (dal greco *tektoneia*, «architettura»), ogni gruppo tetraedrico  $[\text{SiO}_4]$  ha in comune con gli altri tutti gli atomi di ossigeno in modo da formare una struttura tridimensionale. Nella formula la parte silicatica è  $\text{SiO}_2$  o un suo multiplo (ad esempio *microclino*,  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , dove un atomo di alluminio prende il posto di un silicio).

Gli altri costituenti più comuni e importanti dei silicati sono alluminio (Al), ferro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potassio (K) e magnesio (Mg). Questi elementi si trovano all'interno delle strutture molecolari dei silicati sotto forma di ioni, ovvero di cationi cioè di atomi con carica positiva ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ).

L'ambiente di formazione dei silicati è principalmente quello magmatico. L'ordine con cui si formano i vari minerali a partire da un magma indistinto è legato alla temperatura di cristallizzazione di ciascuno. Durante le fasi di cristallizzazione di un magma la precipitazione dei silicati dipende direttamente dalla temperatura del magma fuso e segue idealmente due serie di

cristallizzazione che avvengono contemporaneamente, dette serie discontinua e serie continua di Bowen (dal nome del primo scienziato che studiò il fenomeno in laboratorio).

La serie discontinua di Bowen prevede che per primi cristallizzano i minerali di alta temperatura ( $T$  1200° - 900°) ricchi in ferro e magnesio (detti femici) e per primo in assoluto l'*olivina* ( $(Mg, Fe)_2SiO_4$ ), seguita da *pirosseni*, *anfiboli*, *miche* fino, se il contenuto in silice è sufficiente, al *feldspato di potassio*; si può notare come vi sia un progressivo passaggio da silicati più semplici (nesosilicati) a silicati più complessi (ino → fillo → tetto).

La serie continua di Bowen prevede una cristallizzazione parallela che porta alla separazione dal magma fuso dei *plagioclasti* (un gruppo di tetrosilicati detti sialici, ossia prevalentemente costituiti da Si e Al) costituiti da miscele solide in tutte le proporzioni dei due termini puri “*anortite*” (ricco in Ca) ed “*albite*” (ricco in Na), che differiscono solo per la composizione chimica e non per la struttura cristallina.

Salvo pochissime eccezioni, tutti i componenti essenziali delle rocce magmatiche sono quindi silicati; stesso dicasi per la gran parte delle rocce metamorfiche e sedimentarie.

In ambiente metamorfico i silicati sono costituenti principali di rocce che hanno subito metamorfismo sia di basso grado che di alto grado. Le specie più diffuse sono: *serpentino*, *clorite*, *granati*, *miche*, *cianite*, *sillimanite*, *andalusite* e *anfiboli*.

In ambiente sedimentario i silicati sono presenti nelle rocce generalmente come relitti di preesistenti rocce disgregate dall'azione degli agenti atmosferici. Alcuni silicati si generano tramite il processo di alterazione di altri silicati a contatto con acqua in zone superficiali, detto di idrolitizzazione; tra questi è da ricordare per la sua importanza nell'industria ceramica il *caolino*, che si forma per alterazione dei *plagioclasti* e dei *feldspati*. L'*emimorfite* e la *crisocolla* sono, invece, silicati che si formano per alterazione nelle zone di ossidazione di giacimenti di rame.

## **IX - Sostanze organiche**

Appartengono a questa classe una trentina di specie che possono essere suddivise in sali di acidi organici (*ossalati*) e negli idrocarburi ed altre sostanze organiche (*ambra*).











09



10

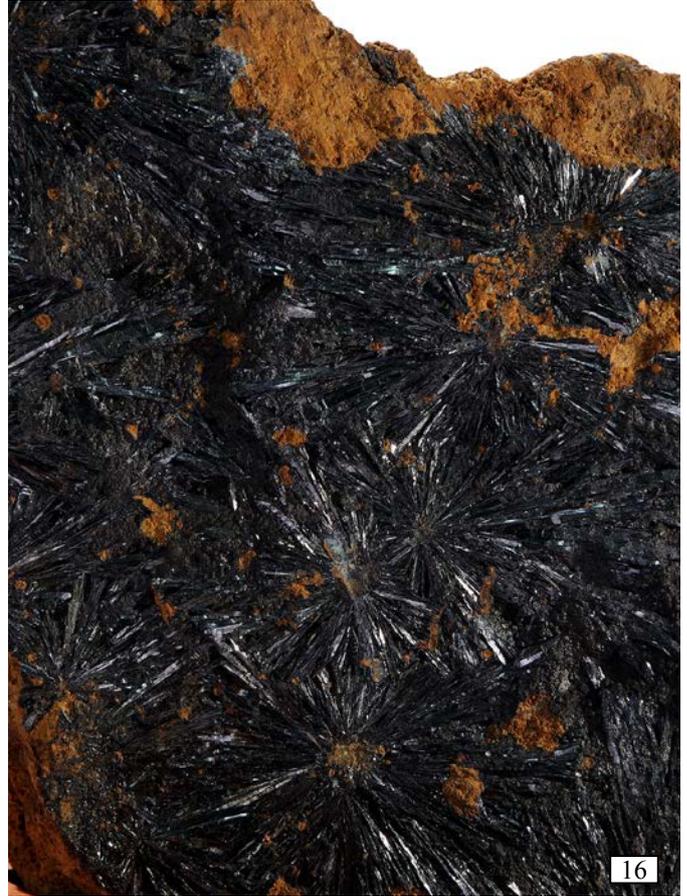


11



12











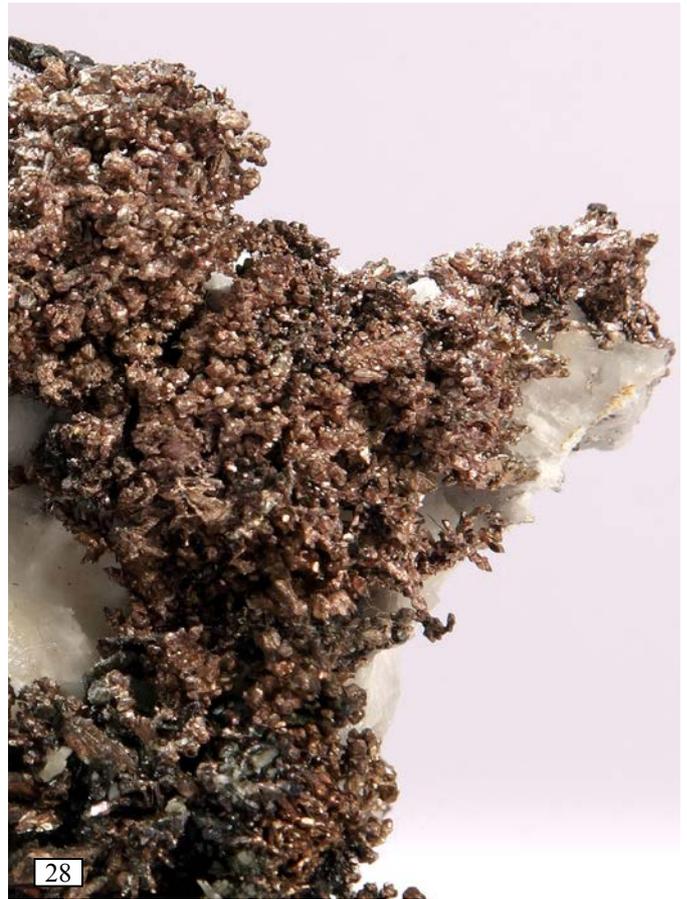


23



24

















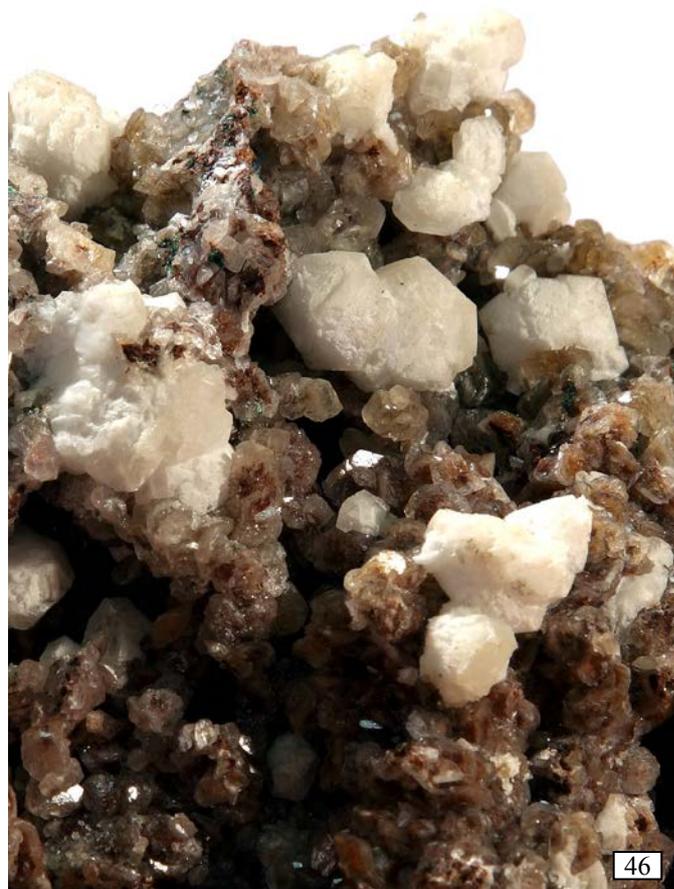


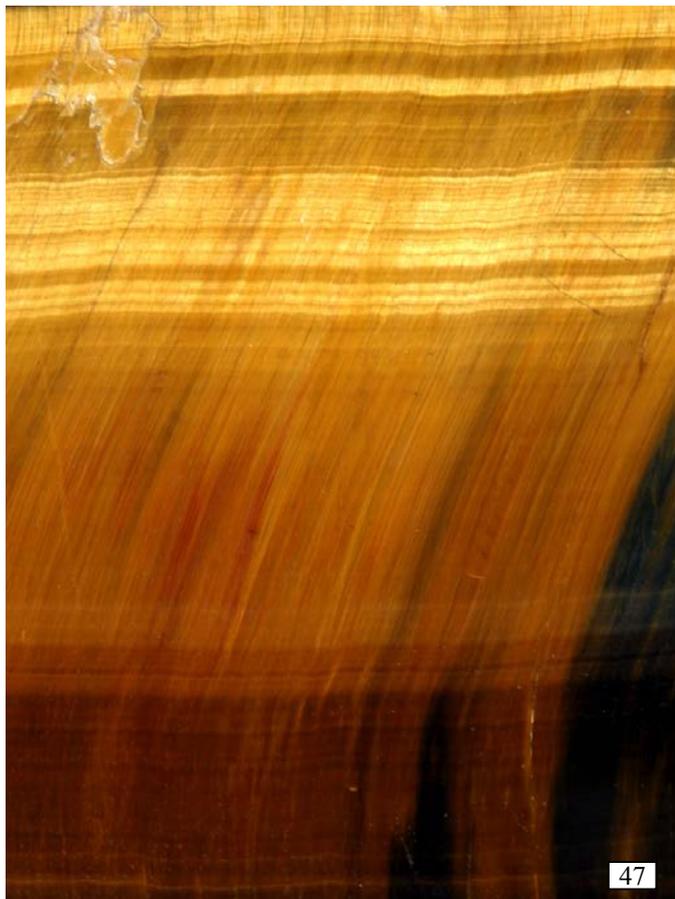


43



44

















**Foto 1.** *Diopside varietà Violano* ( $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ ): rarissimo silicato di calcio (Ca) e magnesio (Mg) appartenente alla sottoclasse degli inosilicati, gruppo dei pirosseni; il minerale non ha abito cristallino definito, ma si presenta in aggregati massivi fibrosi di colore violetto su una matrice costituita da quarzite. Il caratteristico colore violetto che dà il nome a questa varietà fibrosa di *Diopside* è dovuto alla presenza nella struttura cristallina di piccole quantità di manganese (Mn), sia come ione  $\text{Mn}^{3+}$  che  $\text{Mn}^{2+}$ . La *varietà Violano* è molto rara: è stata riconosciuta per la prima volta nei depositi manganesiferi della miniera di Praborna, nelle vicinanze di Saint Marcel in Valle d'Aosta, località dalla quale proviene con certezza anche il campione esposto. A Praborna il *Violano* si ritrova in quarziti manganesifere, derivanti da radiolariti giurassiche trasformatesi a causa di processi idrotermali in ambiente oceanico e successivamente ricristallizzate in condizioni di metamorfismo eclogitico. Il *Violano* è stato, sino ad ora, rinvenuto in sole altre due località al mondo: a Big Canyon Creek in California e nella miniera Vitali dell'Isola di Andros in Grecia.

**Foto 2.** *Epidoto con Diopside* ( $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+}\text{Al})\text{Al}_2[\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$ ): l'*Epidoto* è un silicato complesso di calcio (Ca), ferro (Fe) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei sorosilicati, gruppo degli epidoti; trasparente con lucentezza vitrea, di colore da giallo a verde pallido. I cristalli si presentano di piccole dimensioni ma molto ben formati con caratteristico abito prismatico allungato con sottili striature visibili, anche se solo su alcuni esemplari. L'associazione di *Epidoto* con *Diopside* ( $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ ) e la provenienza dalla Valle Antrona, in Piemonte, ci rivelano importanti indizi circa l'ambiente di formazione del campione esposto: l'associazione tra questi due minerali è infatti caratteristica di particolari rocce di tipo metamorfico ricche in minerali calcosilicatici, le rodingiti, molto diffuse nella Valle Antrona, che si formano per alterazione metasomatica di rocce serpentinite a contatto con masse magmatiche intrusive.

**Foto 3.** *Clinocloro* ( $(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Al})_6[(\text{OH})_8/(\text{Al},\text{Si})_4\text{O}_{10}]$ ): silicato di magnesio (Mg), ferro (Fe) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei fillosilicati, gruppo delle cloriti; traslucido con lucentezza vitrea grassa, di colore blu molto scuro con riflessi verdi. Il campione si presenta perlopiù sotto forma di aggregati foliati di clinocloro, al centro dei quali spicca un cristallo molto ben formato di forma triangolare: ciò induce a pensare che si tratti della *varietà Pennina*, pseudotrigonale, rara in cristalli così ben formati. Il *Clinocloro* si forma in ambiente di basso metamorfismo (facies a scisti verdi) come prodotto dell'alterazione di silicati quali anfiboli, pirosseni e biotite. In particolare, la *varietà Pennina* indica la probabile derivazione dalla *Biotite*. Il campione proviene dalla Val Malenco (SO), in Lombardia, dove il *Clinocloro* si ritrova nelle vene calcitiche che solcano le serpentinite del Monte Braccia, località di provenienza del campione esposto.

**Foto 4.** *Andradite varietà Demantoide* ( $\text{Ca}_3\text{Fe}_2^{3+}[\text{SiO}_4]_3$ ): silicato di calcio (Ca) e ferro (Fe) appartenente alla sottoclasse dei nesosilicati, gruppo dei granati; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore da verde a giallo-verde; i cristalli

presenti nel campione sono molto ben formati nel tipico abito cristallino cubico ottaedrico dei granati. La *Andradite varietà Demantoide* assume la tipica colorazione verde a causa della presenza nel reticolo cristallino di atomi di cromo (Cr): questa caratteristica lo rende ricercato come pietra preziosa. Il campione esposto proviene dalla Val Malenco (SO), in Lombardia, dove il *Demantoide* si è formato a causa di processi di metamorfismo idrotermale retrogrado (circa 370°C), all'interno delle rocce ultramafiche serpentinite originatesi durante l'orogenesi alpina. Il *Demantoide* viene trovato all'interno di serpentinite foliate nella parte più orientale dell'unità ultramafica della Val Malenco.

**Foto 5.** *Attinolite* ( $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3[\text{OH}/\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ ): silicato di calcio (Ca), magnesio (Mg) e ferro (Fe) appartenente alla sottoclasse degli inosilicati, gruppo degli anfiboli; da traslucido a opaco con lucentezza vitrea, di colore da verde fino a verde scuro. I numerosi cristalli presenti nel campione non sono molto ben formati e sono dimensionalmente eterogenei, i più grandi di forma allungata prismatica, i più piccoli in aggregati. L'ambiente di formazione di questo campione di *Attinolite* è quello metamorfico di basso grado, probabilmente in zone di metamorfismo di contatto in corrispondenza di intrusioni plutoniche; ciò si può affermare tenendo anche conto della località di provenienza del campione, la Valle Aurina (BZ), caratterizzata da metamorfismo regionale alpino e da intrusioni plutoniche.

**Foto 6.** *Almandino* ( $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_3]_3$ ): silicato di ferro (Fe) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei nesosilicati, gruppo dei granati; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore rosso-bruno. I cristalli, di grosse dimensioni, appaiono molto ben formati e presentano abito cristallino rombododecaedrico. L'*Almandino* è il più comune tra i granati e si forma, tipicamente, in ambienti di metamorfismo regionale (medio-alto), tipicamente all'interno di micascisti o gneiss: nel caso del campione in esame, si può notare come i cristalli siano "immersi" in una matrice di micascisto, di colore grigio, roccia di metamorfismo regionale di medio grado. Il campione proviene dalla Val Passiria (BZ), in Alto Adige: questa valle alpina è caratterizzata da vasti affioramenti di scisti cristallini che rappresentano l'ambiente di formazione del campione esposto.

**Foto 7.** *Zircone con Epidoto* ( $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ ): silicato di zirconio (Zr), poco comune; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore bruno; i cristalli delle due specie mineralogiche sono molto piccoli e difficili da individuare; sono entrambi situati all'interno della piccola cavità, circondati da cristalli di *Anortite* di colore bianco. I pochi cristalli di *Zircone* sono molto ben formati nel tipico abito cristallino tabulare della specie; l'*Epidoto* è di colore verde, molto ben formato, con abito cristallino prismatico allungato. Lo *Zircone* è un minerale di formazione primaria di origine sia magmatica che metamorfica, accessorio di diversi tipi di rocce. Il campione esposto proviene dai Monti Monzoni, Val di Fassa, in Trentino: in questa valle alpina lo *Zircone* si ritrova generalmente come minerale accessorio in pegmatiti; si ritrova anche in rocce di tipo carbonatico interessate da metamorfismo di contatto, causato da intrusioni di filoni magmatici durante il Triassico medio (circa 230 milioni di anni fa).

**Foto 8.** *Calcite “a testa di chiodo”* ( $\text{CaCO}_3$ ): carbonato di calcio; da trasparente a traslucida con lucentezza vitrea, incolore; i cristalli sono di piccole dimensione e si presentano in geminati sovrapposti nella forma “a testa di chiodo”, forma dovuta a particolari accrescimenti dell’abito trigonale romboedrico che presentano un romboedro terminale più largo su una base più sottile. I cristalli del campione, proveniente da una non specificata località della provincia di Piacenza, giacciono al di sopra di una concrezione calcarea di colore bruno, a sua volta collocata all’interno di una cavità di roccia arenacea, dove i cristalli si sono formati per precipitazione da acque di circolazione particolarmente ricche in carbonati.

**Foto 9.** *Gesso “aciculare”* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ): solfato di calcio (Ca) idrato, comune; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, da incolore a bianco; i cristalli si presentano in forma aciculare, molto ben sviluppati e di grandi dimensioni, con impurità di colore nero, probabilmente sostanza organica, inglobate al loro interno. Il *Gesso* è uno dei minerali più comuni costituenti le rocce sedimentarie e si forma per evaporazione da soluzioni sature, per idratazione della *Anidrite* ( $\text{CaSO}_4$ ) o per rimaneggiamento di sedimenti solfatici elastici preesistenti. Il meccanismo di formazione del *Gesso “aciculare”* è la precipitazione in cavità da soluzioni sature circolanti all’interno di rocce e sedimenti ricche in *Gesso (Gesso primario rigenerato)*, inglobando comunemente impurità all’interno dei cristalli e generando cristalli orientati; tale meccanismo è quello più probabile a cui ascrivere la formazione del minerale esposto. Il campione proviene dalla provincia di Crotone, Calabria, dove affiorano estesamente le Unità del Gruppo gessoso-solfifera che rappresentano l’ambiente ideale di formazione del minerale esposto. Le rocce costituenti queste unità hanno avuto origine durante la crisi di salinità del Messiniano nel Mediterraneo (circa 5 milioni di anni fa), quando la chiusura dello Stretto di Gibilterra causò l’isolamento delle acque del Mediterraneo e la loro quasi completa evaporazione: questo processo portò alla precipitazione dei sali contenuti nelle acque marine e all’accumulo di potenti formazioni ricche in gessi e anidriti.

**Foto 10.** *Zolfo* (S): da trasparente a traslucido con lucentezza resinosa, di colore giallo intenso. Il cristallo, di grosse dimensioni (circa 5 centimetri in lunghezza), si presenta molto ben formato, con facce ben definite e abito cristallino prismatico allungato. Lo *Zolfo*, molto raro in cristalli così ben formati e di queste dimensioni, si può formare in ambienti molto diversi; il bellissimo campione esposto proviene dalla Sicilia dove il minerale si estrae all’interno della Formazione gessoso-solfifera, formazione sedimentaria miocenica di origine evaporitica: lo *Zolfo* si ritrova nei Calcari di base e si è formato per trasformazione dei solfati (*Gesso* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e *Anidrite* ( $\text{CaSO}_4$ )) a causa dell’azione di solfobatteri e acque di circolazione sotterranee.

**Foto 11.** *Celestina* con *Zolfo* ( $\text{SrSO}_4$ ): solfato di stronzio (Sr); trasparente con lucentezza vitrea, di colore azzurro molto chiaro fino a incolore. I numerosi cristalli di *Celestina* che costituiscono il campione, insieme a quelli di *Zolfo*, si presentano molto ben formati anche se di piccole dimensioni e con abito cristallino prismatico allungato molto ben definito. L'ambiente di formazione di questo campione è legato alla sua provenienza dalla Sicilia: in questa regione, infatti, la *Celestina* e lo *Zolfo* si ritrovano all'interno della Formazione gessoso-solfifera, formazione sedimentaria miocenica di origine evaporitica. La *Celestina* è di gran lunga il più comune e principale minerale utilizzato per l'estrazione dello stronzio.

**Foto 12.** *Piromorfite* ( $\text{Pb}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$ ): fosfato di piombo (Pb); traslucida con lucentezza resinosa, di colore verde. I cristalli, di piccole dimensioni, appaiono ben formati e nel tipico abito cristallino esagonale della specie. La *Piromorfite* si forma in ambiente metamorfico e si ritrova come minerale secondario nelle zone di ossidazione dei giacimenti di piombo. Il campione proviene da Krasberg, in Germania, cittadina ubicata nel distretto mineralogico del Taunus, importante per l'estrazione di metalli (piombo, zinco e rame) da giacimenti in vene idrotermalizzate.

**Foto 13.** *Rhodocrosite* ( $\text{MnCO}_3$ ): carbonato di manganese (Mn), raro; opaca con lucentezza perlacea, di colore rosa; il campione di minerale esposto non evidenzia un abito cristallino definito, ma si presenta in forma di aggregati a rosette. La *Rhodocrosite* è un minerale che si origina in ambiente metamorfico idrotermale, in vene e filoni di bassa e media temperatura, o come minerale secondario in depositi manganiferi di origine sedimentaria. Il campione esposto proviene dalla Romania, nazione dove sono diffusi e sfruttati i depositi minerari di manganese; tali depositi di origine metamorfica sono frequenti prevalentemente nei Carpazi meridionali e orientali, associati a vaste sequenze metamorfiche risalenti al precambriano e cambriano inferiore.

**Foto 14.** *Bournonite* su *Quarzo* ( $\text{PbCuSbS}_3$ ): raro solfuro di rame (Cu), piombo (Pb) e antimonio (Sb); opaca con lucentezza metallica, di colore dal grigio scuro al nero; si presenta sottoforma di aggregati granulari e di singoli cristalli prismatici, tozzi o tabulari, ricchi di facce e spesso geminati a croce. Si forma in ambiente idrotermale, in filoni o vene di media termalità. Il campione esposto proviene dalla Romania che, data la sua posizione geografica a cavallo con la catena montuosa dei Carpazi, è molto ricca di formazioni geologiche di origine idrotermale legate a vulcanismo tardo-cretaceo; a tali formazioni sono associati giacimenti minerari molto importanti per l'estrazione di metalli, in particolar modo ferro, rame, piombo, zinco.

**Foto 15.** *Valentinite* con *Kermesite* e *Stibina* ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ): ossido di antimonio (Sb), molto raro; traslucido con lucentezza adamantina, di colore bianco; i cristalli sono ben definiti a forma di punta di lancia, con abito cristallino prismatico allungato e si presentano sotto forma di aggregati raggianti (stellati). La *Valentinite*, insieme al suo polimorfo poco stabile *Senarmontite*, è l'unico ossido di antimonio anidro che si ritrova come specie minerale; si forma come minerale secondario in zone di alterazione associate a

vene e depositi idrotermali ricchi di antimonio (Sb); la *Valentinite* è, insieme alla *Kermesite*, un prodotto dell'ossidazione della *Stibina*: i tre minerali rappresentano, infatti, uno stadio di mineralizzazione epigenetica dell'antimonio ben definita. La *Stibina* ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) si ossida molto facilmente, come prodotto intermedio del processo di ossidazione si forma la *Kermesite* ( $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$ ) e, come prodotto finale, la *Valentinite* ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) dove l'ossigeno (O) sostituisce completamente lo zolfo (S). Nel campione i tre minerali si presentano nella stessa forma di aggregati raggiati, ma sono facilmente distinguibili grazie al colore: la *Stibina* è grigio scuro, la *Kermesite* è rossiccia, la *Valentinite* bianca. Il campione della collezione proviene dalla località di Pezinok, nei Carpazi Occidentali in Slovacchia, dove la mineralizzazione epigenetica, che ha portato alla formazione dell'aggregato di minerali descritto, è localizzata principalmente in letti di scisti bituminosi deformati tettonicamente, in cui la circolazione di fluidi ha favorito il rilascio dei metalli, compreso l'antimonio, durante fasi di metamorfismo regionale devoniano (380 milioni di anni fa) e peri-plutonico varisco (348-320 milioni di anni fa), quest'ultimo causato dall'intrusione di masse granitoidi. Successivamente la *Stibnite*, che nella zona mineraria di Pezinok è la fase minerale principale, è stata sopposta al processo di ossidazione a causa della presenza di fluidi di origine meteorica infiltratisi nel sottosuolo.

**Foto 16.** *Vivianite* varietà *Kertschenite* ( $\text{Fe}^{2+}_{3-x}\text{Fe}^{3+}_x[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_x \cdot (8-x)\text{H}_2\text{O}$ ): raro fosfato idrato complesso di ferro (Fe), si origina per ossidazione e deidratazione della *Vivianite* ( $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) e contemporanea sostituzione nella struttura cristallina di piccole quantità di ferro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) con ferro ferrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ); opaca con lucentezza metallica, di colore nero con riflessi e striature blu scure; i cristalli si presentano in aggregati di forma raggiata, caratteristica di questa varietà, dove ciascun raggio rappresenta un singolo cristallo. Nel campione esposto, la *Kertschenite* riveste una matrice sedimentaria ed è quindi da considerarsi formata in ambiente sedimentario. Il campione proviene da Kertsch, località della Crimea (Ucraina) dalla quale il minerale prende il nome.

**Foto 17.** *Ematite* varietà *Martite* con *Litargite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): ossido di ferro (Fe), varietà poco comune; opaco con lucentezza da metallica a patinosa, di colore nero; i cristalli sono molto ben formati con abito cristallino cubico ottaedrico. La *Martite* è un pseudomorfo della *Magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), prodotto dell'ossidazione della *Magnetite* che si trasforma in *Ematite*, causata da alterazione atmosferica a temperature medio-basse: in pratica, la *Ematite* sostituisce la *Magnetite* nella composizione chimica del cristallo, mantenendo però invariato l'abito cristallino. Il campione esposto proviene dalla Norvegia.

**Foto 18.** *Eschinite*(Y) in *Feldspato* ((Y, Th, Ca, Fe)(Ti, Nb) $_2$ (O, OH) $_6$ ): ossido complesso di ittrio (Y), torio (Th), calcio (Ca), ferro (Fe), titanio (Ti), niobio (Nb), raro; da traslucida a opaca con lucentezza da submetallica a resinosa, di colore nero; non vi sono cristalli, il minerale si presenta come una massa scura spalmata sulla superficie del *Feldspato*. La *Eschinite*(Y) è un minerale che si forma principalmente nelle pegmatiti granitiche. Il campione esposto proviene da Iveland, importante distretto minerario

della Norvegia, caratterizzato dalla presenza di numerose vene di pegmatiti granitiche. La *Eschinite*(Y) ricopre una certa rilevanza mineraria in quanto ricca di elementi appartenenti al gruppo delle terre rare (ittrio, niobio), molto importanti per l'industria di componenti informatici.

**Foto 19.** *Spessartina* in *Muscovite*. La *Spessartina* ( $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$ ) è un silicato di manganese (Mn) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei nesosilicati, gruppo dei granati; da trasparente a traslucida con lucentezza vitrea, di colore rosso-bruno; alcuni cristalli si presentano ben formati nel caratteristico abito cristallino rombododecaedrico dei granati, altri costituiscono aggregati granulari immersi in una matrice costituita prevalentemente da *Muscovite*. Il campione esposto proviene da Iveland, importante distretto minerario della Norvegia, caratterizzato dalla presenza di numerose vene di pegmatiti granitiche che sono il tipico ambiente di formazione della *Spessartina* e della *Muscovite*.

**Foto 20.** *Rodocrosite* con *Quarzo* ( $MnCO_3$ ): carbonato di manganese (Mn), raro; traslucida con lucentezza vitrea di colore rosa e rosa scuro; i numerosi cristalli romboedrici si presentano in geminati, molto ben formati, caratteristici di questa specie mineralogica. La *Rodocrosite* si ritrova generalmente in aggregati, molto raramente in cristalli di forma definita. Il campione proviene dal Colorado, Stati Uniti, stato dove la *Rodocrosite* viene considerato il minerale più tipico, in quanto rinvenuto in 18 diverse contee e in esemplari di grande pregio e bellezza. In Colorado la *Rodocrosite* si è formata in vene idrotermali legate a circolazione di fluidi, in alcuni casi per contatto di plutoni magmatici, in altri successiva a fasi di subsidenza post-eruttive in caldere vulcaniche; queste vene, dove il minerale prevalente è il *Quarzo*, sono sfruttate per l'estrazione di *Oro*.

**Foto 21.** *Ulexite* ( $NaCa[B_5O_6(OH)_6] \cdot 5H_2O$ ): borato idrato di sodio (Na) e calcio (Ca), molto raro; trasparente con lucentezza sericea, di colore bianco; il campione si presenta in forma di cristallo ben visibile, caratteristica di per sé molto rara da ritrovare negli esemplari di *Ulexite* che generalmente si presentano in forma massiva fibrosa. Si forma in ambiente sedimentario evaporitico, per evaporazione da acque sature di laghi salati dove il boro (B) necessario alla formazione del minerale ha origine da vicine sorgenti calde di origine idrotermale. Il campione esposto proviene dalla California, dove è importante l'attività di estrazione del boro, in formazioni derivanti dal prosciugamento di antichi laghi (ad esempio, Borax Lake e Clear Lake). La *Ulexite* è detta anche "pietra televisione" per la particolare capacità di trasmissione delle immagini attraverso le sue fibre naturali.

**Foto 22.** *Rame nativo* (Cu): elemento nativo, molto raro; opaco con lucentezza metallica, di caratteristico colore rosso sulle superfici fresche, ricoperte da una patina bruna le altre; il campione non presenta cristalli ben formati ma si sviluppa in aggregati dendritici più o meno regolari. Il *Rame metallico* si forma in ambiente idrotermale, legato principalmente a rocce ignee basiche, come risultato del contatto e della reazione, in condizioni ossidanti, tra soluzioni idrotermali e minerali ricchi in ferro. Il *Rame*

*nativo* si trova in piccole quantità, come minerale secondario, anche nelle zone di ossidazione delle mineralizzazioni di rame insieme a *Cuprite*, *Malachite* e *Azzurrite*. Il campione qui descritto proviene dal Michigan, Stati Uniti, stato storicamente importante per le miniere di rame, situate all'interno di una spessa successione di rocce Precambriane costituita da alternanze di arenarie, conglomerati, strati di cenere vulcanica e colate di lave basaltiche.

**Foto 23.** *Topazio* ( $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F},\text{OH})_2$ ): silicato di alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei nesosilicati; da trasparente a opaco con lucentezza vitrea, di colore rosso-bruno; i cristalli sono molto ben formati e presentano una perfetta struttura prismatica terminata da una bipiramide rombica. Il *Topazio* ha una notevole importanza come pietra preziosa e si forma in vene pegmatitiche e pneumatolitiche associate a rocce magmatiche ad alto contenuto in silice, quali graniti e rioliti. Il campione della collezione proviene dal Thomas Range, Utah, località degli Stati Uniti caratterizzata da affioramenti di grandi colate riolitiche tardo Cenozoiche e dai depositi piroclastici ad esse associate, all'interno delle quali si ritrovano esemplari molto belli di *Topazio*.

**Foto 24.** *Fluorite* ( $\text{CaF}_2$ ): fluoruro di calcio, molto comune, appartenente alla classe degli alogenuri; da trasparente a traslucida con lucentezza vitrea, di colore viola da molto chiaro a scuro; alcuni cristalli alla base del campione variano da bordi quasi bianchi a viola verso il centro. I cristalli sono ben formati, con abito cristallino ottaedrico (meno comune per la fluorite rispetto a quello cubico). Il campione si è formato in ambiente di deposizione idrotermale: proviene infatti dalla Contea di Catron, New Mexico, Stati Uniti, dove sono frequenti vene idrotermali di alta temperatura, in sedimenti o rocce magmatiche, all'interno delle quali la *Fluorite* è molto abbondante.

**Foto 25.** *Wavellite* ( $\text{Al}_3[(\text{OH}, \text{F})_3/(\text{PO}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ): fosfato idrato di alluminio (Al), molto raro; traslucida con lucentezza vitrea, di colore da verde chiaro a verde scuro; i cristalli si presentano in forma di aggregati sferoidali o emisferoidali fibroradiati, tipica della specie, su una arenaria di colore giallo arancio. Ciascun piccolo raggio di queste strutture rappresenta un singolo cristallo aciculare allungato che, in molti casi, cambia tonalità di colore lungo la sua estensione. La *Wavellite* è un minerale secondario o idrotermale di bassissima temperatura che cristallizza, generalmente, in fessure di rocce ricche in alluminio. Il campione esposto proviene da Pencil Bluff, Montgomery County, Arkansas, zona estrattiva degli Stati Uniti, una delle poche località al mondo dove la *Wavellite* viene ritrovata con una certa frequenza.

**Foto 26.** *Pirofillite* ( $\text{Al}_2[(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ ): raro silicato di alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei fillosilicati, gruppo del talco; da traslucida a opaca con lucentezza madreperlacea, da giallo a verde chiaro; i cristalli si presentano in forma raggiata, caratteristica della specie. Il campione di *Pirofillite* in esposizione proviene da Indian Gulch, contea di Mariposa, California, regione passata alla storia negli Stati Uniti per il ritrovamento di vasti giacimenti auriferi agli inizi del XIX secolo. Gli affioramenti

di rocce metamorfiche di basso grado (scisti verdi, filladi, micascisti) documentati per questa località, corrispondono al tipico ambiente di formazione della *Pirofillite*.

**Foto 27.** *Adamite* ( $Zn_2[OH/AsO_4]$ ): arseniato di zinco (Zn); da trasparente a traslucida con lucentezza vitrea, di colore verde. Il minerale si presenta sotto forma di incrostazione cristallina e non si notano cristalli ben definiti. La *Adamite* è un minerale secondario che si forma nelle zone di ossidazione associate a depositi di zinco e arsenico (As) di origine prevalentemente idrotermale. Il campione esposto proviene dal Messico.

**Foto 28.** *Argento* (Ag): elemento nativo, raro; opaco con lucentezza metallica, di colore da argento a grigio e nero; l'*Argento* si presenta in forma di aggregato su una matrice di *Calcite*, si notano dei piccoli singoli cristalli abbastanza ben formati. L'*Argento* è un minerale primario di origine idrotermale, ma si può formare attraverso processi secondari nelle zone di ossidazione dei depositi minerali. Il campione esposto proviene dalla regione mineraria messicana di Batopilas, nello stato del Chihuahua, dove l'*Argento* si è formato come minerale primario in vene e fessure all'interno di rocce vulcaniche cretaccio-terziarie, principalmente dioriti e andesiti, interessate da successive intrusioni granitiche.

**Foto 29.** *Wulfenite* ( $PbMoO_4$ ): molibdato di piombo (Pb), raro; da trasparente a traslucido con lucentezza da adamantina a grassa, di colore arancio. Il campione esposto presenta un buon numero di cristalli molto ben formati, di piccole dimensioni, la maggior parte di forma tabulare, con alcuni cristalli di forma bipiramidale. La *Wulfenite* si forma come minerale secondario nelle zone di ossidazione dei depositi idrotermali di piombo. Il campione esposto proviene dal distretto minerario di Los Lamentos, Chihuahua, Messico dove la *Wulfenite* si è formata all'interno di depositi carbonatici dolomitici alterati da passaggio di fluidi idrotermali e successivamente interessati da ossidazione superficiale.

**Foto 30.** *Brasilianite* ( $NaAl_3[(OH)_2/PO_4]_2$ ): raro fosfato di sodio (Na) e alluminio (Al); trasparente con lucentezza vitrea, di colore giallo pallido; i cristalli sono numerosi e si presentano ben formati. La *Brasilianite* è un minerale di ambiente idrotermale associato a pegmatiti granitiche ricche in fosfati, caratteristica che rende tali pegmatiti piuttosto insolite. Come si può facilmente intuire, il nome *Brasilianite* è stato assegnato a questo fosfato dal luogo dei primi ritrovamenti ovvero il Brasile, più precisamente alcune località dello stato del Minas Gerais. Il campione della collezione proviene dal Brasile.

**Foto 31.** *Quarzo* con *Elbaite* varietà *Rubellite*. La *Elbaite* varietà *Rubellite* ( $Na(Li,Al)_3Al_6[(OH)_4/(BO_3)_3/Si_6O_{18}]$ ) è un silicato complesso appartenente alla sottoclasse dei ciclosilicati, gruppo delle tormaline; da trasparente a traslucida con lucentezza vitrea, di colore rosso; i cristalli si presentano molto ben formati, di abito prismatico caratteristico del gruppo, con evidenti striature

verticali e inglobati all'interno di un cristallo di *Quarzo* ( $\text{SiO}_2$ ) di notevoli dimensioni. Il colore rosso della *Rubellite* è attribuibile alla presenza di piccole quantità di manganese (Mn) all'interno della struttura cristallina del minerale: in particolare, una maggiore proporzione di ione  $\text{Mn}^{3+}$  rispetto allo ione  $\text{Mn}^{2+}$ , associato a basso contenuto in ferro (Fe), rende il colore del minerale maggiormente tendente al rosso. L'ambiente di formazione è quello pegmatitico, all'interno di filoni legati a intrusioni di plutoni granitici o sienitici, dove le tormaline sono presenti come minerale accessorio molto spesso associate a *Quarzo*. Il campione proviene dalla regione brasiliana del Minas Gerais, celebre per l'attività estrattiva e la ricchezza di specie minerali.

**Foto 32.** *Berillo varietà Acquamarina* ( $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ ): silicato di alluminio (Al) e berillio (Be) appartenente alla sottoclasse dei ciclosilicati, gruppo degli epidoti; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore azzurro o verde pallido in alcune porzioni del cristallo; il cristallo è molto ben formato e presenta il classico abito cristallino prismatico esagonale tipico del *Berillo*, con striature abbastanza evidenti sviluppate lungo l'asse z. Il campione proviene dai dintorni della città di Teófilo Otoni, Minas Gerais, in Brasile, regione caratterizzata da vasti affioramenti di imponenti vene pegmatitiche, associate a intrusioni magmatiche granitiche, che rappresentano il tipico ambiente di formazione del *Berillo*. Il *Berillo varietà Acquamarina* è molto pregiato come pietra preziosa.

**Foto 33.** *Tormalina in Cookeite*. Il campione in esame è uno degli esemplari esteticamente più belli presenti nella Collezione Dosi. Il colore azzurro della *Tormalina* fa supporre, anche se non documentato in maniera specifica sul catalogo di Dosi, che si tratti di *Elbaitte varietà Indicolite* ( $\text{Na}(\text{Li},\text{Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$ ) una delle forme più rare del gruppo delle tormaline. I cristalli sono molto ben formati, nel caratteristico abito prismatico allungato con striature evidenti; inoltre, il contrasto di colore con il giallo pallido della matrice ne fa risaltare ancora di più la bellezza. La matrice è costituita da *Cookeite* ( $\text{LiAl}_4(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ ), un raro silicato di litio (Li) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei fillosilicati, gruppo delle cloriti. L'ambiente di formazione di entrambi i minerali è quello delle vene idrotermali associate a pegmatiti granitiche, molto diffuse nel Minas Gerais, Brasile, luogo di provenienza di questo splendido campione.

**Foto 34.** *Berillo varietà Smeraldo* ( $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ ): silicato di alluminio (Al) e berillio (Be) appartenente alla sottoclasse dei ciclosilicati, gruppo degli epidoti; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore verde; il cristallo, per quanto di grosse dimensioni, non appare molto ben formato, ma si può apprezzare il classico abito cristallino prismatico di forma esagonale. Il campione proviene dai dintorni della città di Governador Valadares, Minas Gerais, in Brasile, regione caratterizzata da vasti affioramenti di imponenti vene pegmatitiche, associate a intrusioni magmatiche granitiche, che rappresentano il tipico ambiente di formazione del *Berillo*. Il *Berillo varietà Smeraldo* è notevolmente pregiato come pietra preziosa.

**Foto 35.** *Rutilo* in *Quarzo* con *Ilmenite*. Il *Rutilo* ( $\text{TiO}_2$ ) e la *Ilmenite* ( $\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$ ) sono entrambi ossidi rispettivamente di titanio (Ti) e di ferro (Fe) e titanio; Il *Rutilo* si presenta traslucido con lucentezza adamantina/submetallica, di colore dorato in cristalli prismatici aciculari molto allungati; la *Ilmenite* si presenta opaca con lucentezza metallica/submetallica, di colore nero in piccoli aggregati massivi. Il *Rutilo* appare inglobato all'interno di *Quarzo*; ciò avviene a causa delle differenze nel frazionamento cristallino delle due specie: il *Rutilo*, infatti, avendo una temperatura di cristallizzazione maggiore ( $750^\circ\text{C}$  -  $900^\circ\text{C}$ ), si fraziona prima dal liquido rispetto al *Quarzo* che cristallizzerà in una fase successiva (circa  $500^\circ\text{C}$ ), inglobando il *Rutilo*.

**Foto 36.** *Curite* con *Uranofane* e *Pechblenda* ( $3\text{PbO} \cdot 8\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ): raro ossido complesso di piombo (Pb) e uranio (U), fortemente radioattivo; il campione si presenta in forma massiva e non sono visibili ad occhio nudo cristalli con abito evidente. La maggior parte del campione è costituito da *Uranofane* ( $\text{CaH}_2(\text{UO}_2/\text{SiO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) in forma massiva, di colore giallo chiaro, mentre le poche aree dove si concentra la *Curite* risultano ben distinguibili per il colore rosso arancio. La *Pechblenda* ( $\text{UO}_2$ ), forma massiva del minerale *Uraninite*, è facilmente riconoscibile grazie al colore nero ed è visibile alla base del campione. La *Curite*, così come l'*Uranofane*, è un minerale secondario che si forma comunemente per alterazione della *Uraninite* in ambiente ossidante. La provenienza del campione dal Congo (Africa) ne suggerisce l'appartenenza all'area mineraria del Katanga, probabilmente nei dintorni della miniera di Shinkolobwe, dove si concentrano i depositi contenenti minerali di uranio e la cui presenza è dovuta all'azione di fluidi sotterranei di origine magmatica che hanno permesso la mineralizzazione in uranio. La successiva interazione tra la *Uraninite* e le acque freatiche infiltratesi nel sottosuolo hanno portato alla formazione dei minerali idrati secondari *Curite* e *Uranofane*, in particolar modo lungo fratture a profondità comprese tra 100 e 500 metri; la *Curite* si è potuta originare grazie alla disponibilità di grosse quantità di piombo sviluppatosi dal decadimento radioattivo dell'uranio. La *Curite* è il minerale dedicato a Pierre Curie, noto e importante fisico francese pioniere nello studio della radioattività.

**Foto 37.** *Cuprosklodowskite* ( $\text{CuH}_2[\text{UO}_2/\text{SiO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ): silicato idrato complesso di uranile ( $\text{UO}_2$ ) e rame (Cu), molto raro, debolmente radioattivo; opaco con lucentezza terrosa, di colore da verde smeraldo a verde chiaro; il campione esposto appare come un aggregato di aspetto polveroso, con forma non definita, di *Cuprosklodowskite* e *Dewindtite* (di colore giallo), un raro fosfato di piombo e uranile; sulla superficie del campione non si notano cristalli. La *Cuprosklodowskite*, così come la *Dewindtite*, si forma in giacimenti di uranio come minerale secondario nel processo di alterazione di minerali primari dell'uranio. La provenienza del campione dal Congo (Africa) ne suggerisce l'appartenenza all'area mineraria del Katanga, dove si concentrano i depositi contenenti minerali di uranio e la cui presenza è dovuta all'azione di fluidi sotterranei di origine magmatica che hanno permesso la mineralizzazione in uranio.

**Foto 38.** *Apatite* ( $\text{Ca}_5[\text{F}(\text{OH})/(\text{PO}_4)_3]$ ): fosfato di calcio (Ca); da trasparente a traslucida con lucentezza vitrea, di colore da verde a verde-grigio. Il campione presenta diversi cristalli di *Apatite* immersi in matrice calcitica; tra questi spicca particolarmente il grande cristallo sulla destra, molto ben formato, con abito cristallino prismatico esagonale allungato tipico della specie. La *Apatite*, il più importante e diffuso tra i fosfati, è un minerale molto comune che si forma in ambiente magmatico, come accessorio in rocce acide, o in ambiente idrotermale. Il campione proviene dal Madagascar, Africa.

**Foto 39.** *Mordenite* con *Apopillite* e *Stilbite*. La *Mordenite* ( $(\text{Ca}, \text{K}, \text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_{12}]_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) è un silicato idrato di calcio (Ca), potassio (K) e sodio (Na) appartenente alla sottoclasse dei tetrasilicati, gruppo delle zeoliti; tra le zeoliti è una delle specie meno comuni; da trasparente a traslucida con lucentezza vetrosa e/o perlacea, di colore bianco porcellanaceo; i cristalli hanno dimensioni ridotte e si presentano in aggregati più o meno massivi o raggiati. Si forma in fase postvulcanica, all'interno di vene e geodi di vari tipi di rocce ignee o in accumuli di ceneri vulcaniche, generalmente per idratazione e alterazione di vetri vulcanici. Nel campione esposto, sono presenti inoltre due splendidi cristalli di *Apopillite* ( $\text{KCa}_4[\text{F}/(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), fillosilicato del gruppo delle cloriti di colore verde pallido e di abito pseudocubico, e di *Stilbite* ( $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), zeolite di colore rosa e con abito prismatico tabulare quasi perfetto.

**Foto 40.** *Clinocloro* varietà *Kämmererite* ( $(\text{Mg}, \text{Cr})_6[(\text{OH})_8(\text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_{10}]$ ): silicato idrato di magnesio (Mg) e cromo (Cr) appartenente alla sottoclasse dei fillosilicati, gruppo della clorite, poco comune; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di caratteristico colore rosso porpora variabile da chiaro a molto scuro. I cristalli, seppure di piccole dimensioni, sono molto ben formati (particolarità abbastanza rara nei campioni di *Kämmererite*, il più delle volte massiva) e presentano abito cristallino pseudoesagonale tabulare. Si forma in ambiente metamorfico di contatto, come alterazione di minerali contenenti ferro e magnesio, principalmente anfiboli e pirosseni. Il colore purpureo di questa varietà è dovuto alla presenza del cromo nella struttura cristallina. Il campione proviene da Kop Daglari, Turchia, località dove vengono trovati esemplari di *Kämmererite* tra i più belli, ricercati e apprezzati dai collezionisti.

**Foto 41.** *Azzurrite* ( $\text{Cu}_3[\text{OH}/\text{CO}_3]_2$ ): carbonato di rame (Cu); da trasparente a opaca con lucentezza vitrea, di colore da azzurro intenso a blu. In generale, i cristalli non sono ben formati e si presentano nella maggior parte dei casi sotto forma di aggregati massivi; solo nella parte superiore sinistra del campione si notano alcuni cristalli di forma prismatico allungata o tabulare con facce abbastanza ben formate ed evidenti. La *Azzurrite* è un minerale secondario che si forma e si ritrova principalmente nelle zone di ossidazione associate a giacimenti di rame. Il campione esposto proviene dal Marocco.

**Foto 42.** *Skutterudite* ((Co, Fe, Ni)As<sub>2-3</sub>): arseniuro di cobalto (Co), ferro (Fe) e nichel (Ni), raro; opaco con lucentezza metallica, di colore grigio argento con patina grigia iridescente sui minerali più evidenti; il campione esposto, costituito quasi totalmente di *Skutterudite*, si presenta come combinazione di una massa granulare grigio-scura dalla quale emergono diversi cristalli di *Skutterudite*, molto ben formati, con abito cristallino cubico di forma generalmente ottaedrica, eterodimensionali. La *Skutterudite* si forma generalmente in vene idrotermali di temperatura medio-bassa, associata ad altri minerali di cobalto e nichel. Il campione esposto proviene dal Marocco, anche se nel Catalogo Dosi non è specificata la località: con molta probabilità si tratta del Distretto Minerario di Bou Azzer, importante zona estrattiva di cobalto e nichel, da cui provengono gli esemplari di *Skutterudite* più belli e ricercati dai collezionisti. La *Skutterudite* viene rinvenuta, nell'area di Bou Azzer, in formazioni rocciose precambriane (circa 800 milioni di anni fa) generatesi a partire da un iniziale processo di serpentinizzazione di peridotiti, un tipo di roccia originatasi nel mantello superiore. Successivamente le serpentiniti sono state interessate da processi di lisciviazione ovvero di separazione di elementi chimici dalla roccia, in particolar modo cobalto e nichel, da parte di fluidi idrotermali legati a episodi di vulcanismo orogenico verificatisi in un intervallo di tempo compreso tra 550 e 250 milioni di anni.

**Foto 43.** *Aragonite* (CaCO<sub>3</sub>): carbonato di calcio (Ca); traslucido con lucentezza da vitrea a resinosa, di colore rosa-marrone; il campione è formato da un aggregato di cristalli a grappolo, ognuno dei quali presenta abito cristallino radiale. Il sito di provenienza del campione esposto è l'area mineraria di Tazouta, provincia di Sefrou in Marocco, celebre tra i collezionisti di minerali per gli splendidi esemplari di *Aragonite*, dove i carbonati si sono formati in terreni (saproliti) derivanti dall'alterazione di basalti triassici. I minerali argillosi, generatisi dal processo di alterazione dei basalti, sono stati, in seguito, lentamente sostituiti da carbonati precipitati da acque di circolazione particolarmente ricche in carbonato: questo processo ha dato luogo ad ampi orizzonti di incrostazioni carbonatiche all'interno dei quali è avvenuta la cristallizzazione dei molti esemplari di *Aragonite* rinvenuti in grande numero nel sito di Tazouta.

**Foto 44.** *Diasporo varietà Manganodiasporo* ( $\alpha$ -AlOOH): idrossido di alluminio (Al), raro; da trasparente a traslucido con lucentezza da vitrea a perlacea, di colore rosso porpora. Il campione si presenta sotto forma di aggregato fogliaceo di cristalli, con evidente un grande cristallo tabulare sul lato destro. Il *Diasporo varietà Manganodiasporo* deve il suo nome alla presenza del manganese (Mn<sup>3+</sup>) all'interno della struttura cristallina del minerale, in proporzione Mn:Al = 1:29; proprio grazie alla presenza di manganese, il colore di questa varietà assume intensi toni di rosso. Il *Diasporo* è un minerale generalmente associato a depositi bauxitici, ovvero a depositi sedimentari ricchi in minerali di alluminio, e si forma tipicamente in due modi: o come prodotto della diagenesi associato a fenomeni di alterazione da agenti atmosferici in ambienti tropicali, oppure come prodotto di alterazione idrotermale di minerali alluminiferi. Il campione proviene dal Sudafrica, nazione dove l'attività estrattiva del manganese è concentrata nell'area settentrionale del paese, nel "Kalahari manganese field", dove i processi di formazione descritti sono avvenuti

entrambi: i depositi bauxitici, formati tra 2,6 e 2,2 miliardi di anni fa, sono stati successivamente interessati da almeno tre fasi di alterazione idrotermale (1 miliardo, 550 milioni e 100 milioni di anni fa) e da una fase di alterazione da agenti atmosferici (tra 300 e 350 milioni di anni fa).

**Foto 45.** *Lazurite*  $((\text{Na}, \text{Ca})_8[(\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl})_2(\text{AlSiO}_4)_6])$ : silicato complesso di sodio (Na) e calcio (Ca) appartenente alla sottoclasse dei sorosilicati, gruppo dei feldspatoidi. La *Lazurite* è uno dei componenti, insieme alla *Calcite* ( $\text{CaCO}_3$ ) e alla *Pirite* ( $\text{FeS}_2$ ), del campione di *Lapislazzuli* esposto proveniente dal Congo. Il colore dall'azzurro intenso al blu di questa celebre pietra decorativa è determinato dalla presenza della *Lazurite*. L'ambiente di formazione del *Lapislazzuli* è quello metamorfico in presenza di marmi metamorfosati per contatto. La polvere di *Lapislazzuli* è stata usata in passato da numerosi artisti, in particolar modo durante il medioevo, come prezioso pigmento per ottenere il colore blu oltremare: uno splendido esempio si può ammirare negli affreschi di Giotto della Basilica di San Francesco ad Assisi.

**Foto 46.** *Aragonite varietà Tarnovitzite* ( $\text{CaCO}_3$ ): rara varietà di *Aragonite* contenente piccole percentuali di piombo (Pb) che sostituiscono in parte il calcio (Ca) nella struttura cristallina; da trasparente a traslucida, di colore bianco ma anche incolore; i cristalli si presentano ben formati, con abito cristallino ben definito, sotto forma di prismi pseudoesagonali. La *Tarnovitzite* è stata sino ad ora ritrovata in sole 10 località nel mondo: tra queste vi è la famosa e importante miniera di Tsumeb, in Namibia, dalla quale questo esemplare proviene. In questa area, la *Tarnovitzite* si forma in zone di alterazione secondaria di rocce dolomitiche neoproterozoiche, associate a depositi di minerali di piombo (Pb), rame (Cu) e Zinco (Zn) principalmente.

**Foto 47.** *Quarzo "occhio di tigre" e "occhio di falco"*: da traslucido a opaco con lucentezza setosa. Il campione, proveniente dal Sudafrica, si presenta in forma massiva, costituito da quarzo ( $\text{SiO}_2$ ) fortemente incluso da fibre subparallele e compatte di *Crocidolite* ( $[\text{Na}_2(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ ) che è una varietà asbestiforme (fibrosa) di *Riebeckite*. La *Crocidolite* si presenta alterata a *Limonite* ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) di colore da giallo a giallo bruno, per la parte a "occhio di tigre", e silicizzata di colore verde-blauastro, per la parte a "occhio di falco". La superficie presenta riflessi metallici cangianti con effetto ottico di gatteggiamento. L'effetto si esplica come una striscia luminosa rettilinea che si sposta lungo la superficie, muovendo il campione, ed è causato dalla presenza delle numerosissime inclusioni di *Crocidolite*. L'ambiente di formazione è quello metamorfico di basso grado all'interno di scisti ricchi di ferro (Fe).

**Foto 48.** *Diopasio su Calcite*. Il *Diopasio* ( $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) è un silicato idrato di rame (Cu) piuttosto raro appartenente alla sottoclasse dei ciclosilicati; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore da azzurro intenso al blu-verde. I numerosi cristalli sono di piccole dimensione ma molto ben formati, caratteristica molto poco frequente per i campioni di que-

sta specie minerale, con abito cristallino romboedrico esagonale. L'ambiente di formazione del *Dioptasio* è quello delle zone di ossidazione associate a depositi di rame. Il campione esposto proviene dalla miniera di Tsumeb in Namibia, località molto importante principalmente per i giacimenti di rame oltre che di piombo (Pb) e zinco (Zn). Nel campione sono presenti, oltre al *Dioptasio* e alla *Calcite*, anche cristalli di *Bayldonite* ( $\text{PbCu}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$ ), un arseniato relativamente raro di piombo (Pb) e rame, collocati in basso, sotto forma di piccoli cristalli di colore verde chiaro.

**Foto 49.** *Corindone var. Rubino* su *Zoisite* ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): ossido di alluminio (Al); da traslucido a opaco con lucentezza vitrea, di colore rosso. Il campione esposto è costituito da una sezione lucidata di un aggregato costituito da una matrice massiva di *Zoisite* ( $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{O}/\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$ ), un silicato complesso di calcio (Ca) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei sorosilicati, gruppo degli epidoti, nella quale sono immersi diversi esemplari di *Corindone var. Rubino*. I cristalli di *Rubino* si presentano allungati, di grande dimensione (fino a circa 4 cm di lunghezza) e ben formati, anche se non si riconosce bene la forma del loro abito cristallino in quanto sezionati. La provenienza del campione dall'area del Lago Tanganica in Tanzania, Africa orientale, permette di definirne la sua formazione in seguito a processi metamorfici di alta pressione su originarie rocce basiche intrusive ricche in alluminio.

**Foto 50.** *Vaterite* ( $\text{CaCO}_3$ ): modificazione polimorfa del carbonato di calcio molto rara; opaca con lucentezza vitrea, di colore bianco; i cristalli sono molto ben formati e presentano il caratteristico abito cristallino esagonale della *Vaterite* che la distingue dai suoi polimorfi *Calcite* e *Aragonite*, rispettivamente con abito cristallino trigonale e ortorombico. La *Vaterite* è una fase metastabile al di sotto di circa  $400^\circ\text{C}$ , ovvero può permanere come fase in equilibrio anche in condizioni ambientali diverse da quelle in cui ha avuto luogo la cristallizzazione. In particolare, la *Vaterite* è la fase più stabile di  $\text{CaCO}_3$  a temperature minori di  $10^\circ\text{C}$ . Il campione proviene da Entracque (CN), bassa Valle Gesso, Alpi Marittime, dove affiorano prevalentemente rocce carbonatiche interessate da processi di leggero metamorfismo che rappresentano l'ambiente di formazione di questo polimorfo di  $\text{CaCO}_3$ .

**Foto 51.** *Calcite "a foglia"* ( $\text{CaCO}_3$ ): varietà di carbonato di calcio (Ca) molto rara; da opaca a traslucida con lucentezza perlacea di colore bianco; i cristalli del campione sono molto sviluppati e mostrano una particolare forma "a foglia", poco comune e di inusuale grandezza. La *Calcite "a foglia"* cristallizza secondo una serie di piani preferenziali e si forma in particolari condizioni idrotermali da fluidi circolanti in ebollizione; tali fluidi, molto ricchi di ioni bicarbonato e di ioni calcio, passano in sistemi di crepe attraverso formazioni rocciose molto solubili: la perdita di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), a causa della rapida diminuzione della pressione dei fluidi in risalita, favorisce la precipitazione di calcite che va a riempire gli spazi vuoti. Il campione esposto proviene dal Messico dove, a questo tipo di calcite, viene dato il nome di *Calcite "ad ala d'angelo"*.

**Foto 52.** *Malachite* ( $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2/\text{CO}_3]$ ): carbonato di rame (Cu); opaca con lucentezza da sericea a terrosa, di colore verde; il campione si presenta sotto forma di una massa globulare stratificata mammellonare, lo strato più esterno è costituito da un aggregato di piccoli singoli cristalli. La *Malachite* è il più comune minerale supergenico del rame e si forma nelle zone di ossidazione dei depositi di rame caratterizzati da circolazione di soluzioni acquose ioniche a bassa temperatura, inferiori a 100°C. Il campione esposto proviene dalla regione mineraria del Katanga, Repubblica Democratica del Congo, importante zona mineraria caratterizzata da depositi minerali supergenici stratiformi, principalmente di rame e cobalto (Co), all'interno di sequenze sedimentarie neo-proterozoiche formatesi tra 560 e 550 milioni di anni fa. I campioni di *Malachite* provenienti dal Katanga sono tra le più belle e ricercate dai collezionisti.

**Foto 53.** *Microclino var. Amazonite* ( $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ): silicato di potassio (K) appartenente alla sottoclasse dei tetrasilicati, gruppo dei feldspati; da traslucido a opaco con lucentezza vitrea; di colore azzurro da chiaro a intenso. Il cristallo si presenta molto ben formato e di notevole grandezza (circa 15 cm di lunghezza e 5 cm di larghezza) con abito cristallino prismatico allungato ben definito, con evidenti fratture di colore bianco. La *Amazonite* è una varietà poco diffusa e pregiata di *Microclino*, molto ricercata come gemma. Il colore azzurro è dovuto alla elevata presenza di atomi piombo (Pb) all'interno della struttura cristallina. Il campione proviene dal Madagascar, Africa, dove il minerale viene rinvenuto in rocce pegmatitiche tipiche di ambiente magmatico intrusivo.

**Foto 54.** *Tormalina verde* ( $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Al}_6[(\text{OH})_4/(\text{BO}_3)_3/\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ ): silicato complesso di sodio (Na), magnesio (Mg), ferro (Fe) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei ciclosilicati, gruppo delle tormaline; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore da verde molto chiaro a verde scuro. Il campione, di grosse dimensioni (l'altezza è di circa 15 cm), si presenta come un unico grande cristallo al quale sono aggregati alcuni cristalli di dimensioni minori, lungo lo stesso asse di crescita, e altri cresciuti con direzioni che variano di pochi gradi rispetto all'asse principale. I cristalli presentano abito cristallino prismatico allungato e facce finemente striate nella direzione di allungamento, molto comuni nelle tormaline. La provenienza dalla regione brasiliana del Minas Gerais e, in particolare, dai dintorni della città di Teofilo Otoni, ci rivela l'ambiente di formazione di questo splendido esemplare ovvero quello idrotermale associato a pegmatiti granitiche molto diffuse e sfruttate nella regione del Minas Gerais.

**Foto 55.** *Berillo varietà "Acquamarina"* su *Ortoclasio* con *Flogopite* ( $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ ): silicato di alluminio (Al) e berillio (Be) appartenente alla sottoclasse dei ciclosilicati, gruppo degli epidoti; da trasparente a traslucido con lucentezza vitrea, di colore azzurro o verde pallido in alcune porzioni dei cristalli; i tre cristalli, di grosse dimensioni e molto ben formati, presentano il classico abito cristallino prismatico esagonale allungato del *Berillo*, con fratture evidenti trasversali all'asse z. I tre esemplari di

“*Acquamarina*” sono incastonati all’interno di un cristallo di *Ortoclasio* ( $K(AlSi_3O_8)$ ), molto ben formato e di ragguardevoli dimensioni (altezza di circa 20 cm), con associati cristalli di *Flogopite*. L’associazione di queste specie minerali indica come l’ambiente di formazione del campione sia quello pegmatitico: le tre specie infatti sono componenti molto comuni delle pegmatiti. Il campione proviene inoltre dalla regione brasiliana del Minas Gerais, importante zona mineraria caratterizzata da vasti affioramenti di imponenti vene pegmatitiche, associate a intrusioni magmatiche granitiche.

**Foto 56.** *Grossularia* varietà *Essonite* ( $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ ): silicato di calcio (Ca) e alluminio (Al) appartenente alla sottoclasse dei nesosilicati, gruppo dei granati; opaco con lucentezza da vitrea a resinosa, di colore bruno molto scuro; i numerosi cristalli si presentano ben definiti, anche se di dimensioni ridotte, con abito cristallino rombododecaedrico molto ben sviluppato. Il campione esposto proviene dalla Val di Gava, in provincia di Genova, celebre per lo sfruttamento dei giacimenti di granato, dove la *Essonite* si ritrova all’interno di affioramenti di rodingiti, particolari rocce di ambiente metamorfico ricche in minerali calcosilicatici che, in alcuni punti, tra vuoti e fratture, presentano tasche in cui si sono sviluppati magnifici cristalli di questa poco comune varietà di *Grossularia*.

**Foto 57.** *Sfalerite* (ZnS): solfuro di zinco (Zn); da trasparente a opaca con lucentezza vitrea, di colore da giallo ad arancione a marrone chiaro. Il campione, proveniente dalla Spagna, è costituito dalla sezione di un eccezionale cristallo di forma dodecaedrica di notevoli dimensioni (circa 10 cm sia in altezza che in larghezza) molto ben formato, con zonature concentriche evidenti all’interno del cristallo. La *Sfalerite* è il più importante minerale utilizzato per l’estrazione dello zinco e si forma principalmente in ambiente idrotermale in un ampio intervallo di temperature, da basse a molto alte.

**Foto 58.** *Halite* o “*Salgemma*” (NaCl): cloruro di sodio (Na) appartenente alla classe degli alogenuri; trasparente con lucentezza vitrea, incolore con settori di colore blu-violetto dovuti alla presenza di sali potassici (probabilmente *Silvite*, KCl); il campione, di grandi dimensioni (altezza di circa 30 cm) non presenta abito cristallino definito ma ha aspetto piuttosto massivo. L’ambiente di formazione della *Halite* è quello sedimentario evaporitico dove il minerale precipita dalle acque di grandi bacini marini interessati da fenomeni di evaporazione. Depositi evaporitici di questo tipo possono raggiungere dimensioni notevoli e sono abbastanza comuni in Italia, in particolar modo in Sicilia, regione dalla quale l’esemplare esposto proviene, dove si sono formati durante la crisi evaporitica che interessò il Mediterraneo nel Messiniano superiore (crisi di salinità del Messiniano o evento messiniano, da 5,96 a 5,3 milioni di anni fa) quando il susseguirsi di cicli evaporativi di forte intensità portò il Mediterraneo a disseccarsi quasi del tutto.

**Foto 59.** *Apatite* ( $\text{Ca}_5[(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})/(\text{PO}_4)_3]$ ): fosfato di calcio (Ca); da trasparente a traslucida con lucentezza vitrea, di colore da verde chiaro a verde intenso. Il campione presenta diversi cristalli di *Apatite* immersi in matrice calcitica color miele; tra questi spicca particolarmente il cristallo in alto a sinistra, ben formato, con abito cristallino prismatico esagonale allungato tipico della specie. La *Apatite*, il più importante e diffuso tra i fosfati, è un minerale molto comune che si forma in ambiente magmatico, come accessorio in rocce acide, o in ambiente idrotermale. La provenienza di questo bellissimo campione dalla regione del Lago Bajkal, Siberia, non lascia dubbi circa la sua genesi: in quest'area infatti splendide *Apatiti* vengono rinvenute, in associazione con *Calcite*, all'interno del complesso di Slyudyansky. Il complesso di Slyudyansky comprende una serie di rocce sopracrostali interessate da metamorfismo in facies granulitica, in particolare pegmatiti silico-carbonatiche interessate da alterazione idrotermale all'interno delle quali hanno avuto origine i cristalli di *Apatite*.

**Foto 60.** *Vanadinite* ( $\text{Pb}_5[\text{Cl}/(\text{VO}_4)_3]$ ): vanadato di piombo (Pb), raro; da trasparente a traslucido con lucentezza da adamantina a grassa, di colore rosso acceso. Il campione presenta un grande numero di cristalli molto ben formati, di piccole dimensioni, di forma prismatico esagonale su una matrice di arenaria giallo-arancio. La *Vanadinite* è un minerale secondario che si forma nelle zone di ossidazione di depositi ricchi in piombo. La provenienza dal Marocco, unita all'osservazione della matrice, fanno pensare a una possibile origine del campione dalla miniera di Mibladén; in questa miniera di piombo, celebre tra i collezionisti per la bellezza degli esemplari estratti, la *Vanadinite* si forma come prodotto di alterazione della *Galena* (PbS) in depositi, formati circa 80 milioni di anni fa, generati da fluidi idrotermali ricchi in piombo e zinco che hanno depositato minerali di questi due elementi. I depositi sono stati successivamente esposti a causa di fenomeni erosivi, subendo un'alterazione superficiale da acque acide che hanno dilavato il vanadio contenuto nelle rocce, permettendo così la cristallizzazione della *Vanadinite* in cavità e vuoti.

# I cristalli di Angelo

Alcune esemplari della collezione mineralogica G. Dosi sono stati lo spunto per un'attività didattica all'interno del progetto "Sperimentazione delle linee guida per il godimento dei musei dell'Emilia-Romagna per le persone con disabilità" promosso dall'Istituto per i Beni Artistici, Culturali e Naturali della Regione Emilia-Romagna realizzato presso la sede del Museo civico di storia naturale dalla Società Piacentina di Scienze Naturali e dal Liceo "M. Gioia" di Piacenza che ha visto protagonisti Angelo e i suoi compagni della Classe 1 Linguistico F.

Insegnanti: Fiammetta Freda (sostegno), Elisabetta Campominosi (scienze), Maria Rosa Siracusa (storia dell'arte).  
Coordinamento: Annarita Volpi (Spsn)

