

## Cenni di Mineralogia

La parte solida della Terra e dei corpi planetari di tipo terrestre accessibili all'uomo (meteoriti, rocce lunari) è formata da **88 elementi** che si ritrovano in circa **2000 combinazioni** omogenee (composti e soluzioni chimiche) e più raramente come elementi puri.

### Cos'è un minerale?

È una sostanza cristallina che esiste in natura con una **composizione chimica definita** e una **struttura regolare**. Quasi tutti i minerali si presentano allo stato solido e cristallino; in pratica gli **atomi** (o **ioni**) che ne costituiscono la struttura **sono distribuiti nello spazio in modo ordinato e sistematico**; talora l'ordinamento interno si manifesta anche all'esterno: abbiamo così minerali a forma di poliedri geometrici più o meno regolari che si dicono cristalli.

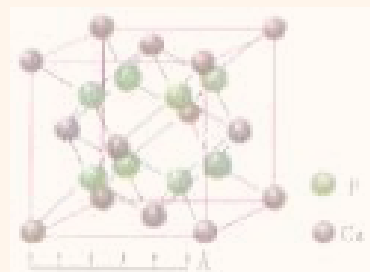
In una sostanza cristallina, gli atomi (mattoncini interni) seguono una disposizione geometrica ordinata e regolare sia a lungo che a corto raggio.

### Cos'è una roccia?

I minerali si trovano di solito aggregati tra loro in corpi geologici, complessi e di notevoli dimensioni, che costituiscono le rocce.

Rappresentiamo **gli ioni come delle sferette** con raggio variabile a seconda del numero atomico:

gli ioni restano uniti grazie alla forza di attrazione che si sviluppa tra le cariche di segno contrario; ogni ione tende a circondarsi del maggior numero di ioni di segno opposto; la disposizione degli ioni dipende esclusivamente dal volume relativo di questi.



Struttura della Fluorite

A seconda del tipo di **disposizione** che questi ioni assumono nello spazio, si riconoscono delle **unità fondamentali o celle** che si ripetono nel tempo.

**Un cristallo è quindi formato da tante piccole celle elementari che si ripetono ordinatamente e regolarmente nello spazio.**

Le distanze tra gli ioni o tra le celle sono di pochi Angstrom e sono state studiate tramite l'uso dei raggi X.

**1 Angstrom =  $10^{-8}$  cm**

### Perché i raggi X ?

Perché i raggi X dispongono di **lunghezze d'onda con grandezza dello stesso ordine della cella elementare**; quindi sono in grado di penetrare e attraversare un reticolo cristallino.

### Simmetria dei cristalli:

L'ordinamento sistematico assunto dalla materia allo stato cristallino consente di individuare gli **elementi di simmetria dei corpi** da essa formati (assi, piani e centri di simmetria).

### Sistemi e classi cristallografiche:

La reciproca associazione degli elementi di simmetria cristallina da origine alle **32 classi cristalline**. Con la riunione delle varie classi, in gruppi distinti per assi di simmetria del medesimo ordine, si formano **7 sistemi cristallini**, ciascuno dei quali può essere caratterizzato da un tipo particolare di costanti cristallografiche.

**Il cristallo è formato da un insieme di facce, spigoli e vertici disposti secondo la simmetria caratteristica della sostanza componente.**

### Paramorfosi e pseudomorfosi

Tramite il processo della **paramorfosi**, accade a volte che, nel passare da una ad altra modificazione polimorfa, **permanga la morfologia della prima, pur essendo variata la disposizione strutturale degli atomi.**

#### Esempio:

QUARZO alfa si può trovare:

- con la forma del **QUARZO beta** che cristallizza sopra i 573 °C,
- con la forma della **TRIDIMITE** che cristallizza sopra gli 870 °C.

Tramite il processo della **pseudomorfosi** il minerale è **sostituito da un altro di diversa composizione chimica, di cui però mantiene la forma esterna.**

#### Esempio:

LIMONITE --- si trasforma in --- PIRITE.

## Cenni di Mineralogia

### Proprietà fisiche dei minerali

Dipendono dalla sua composizione chimica e dalla sua struttura cristallina.

**PESO SPECIFICO:** indica, a parità di volume, quante volte il suo peso supera quello dell'acqua. La maggior parte dei minerali a peso specifico inferiore a 10, il max è 22,5 dell'osmio metallico.

**DUREZZA:** proprietà di opporsi a sollecitazioni meccaniche che tendono a scalfirli o a penetrarli. Scala di Mohs: 10 diamante, 9 corindone, 8 topazio, 7 quarzo, 6 ortoclasio, 5 apatite, 4 fluorite, 3 calcite, 2 gesso, 1 talco.

**SFALDATURA:** rottura secondo superfici piane e parallele.

**FRATTURAZIONE:** rottura secondo superfici irregolari.

**TENACITA':** proprietà che definisce il modo in cui un minerale si deforma quando è sottoposto a sollecitazioni meccaniche. Abbiamo così minerali fragili, duttili, malleabili,...

**LUCENTEZZA:** metallica, non metallica; vitrea, opaca.

### Elementi nativi

Questa prima classe comprende gli **elementi chimici che si trovano in natura allo stato nativo**, rappresentati in prevalenza, da elementi metallici (*oro, rame, mercurio*), da elementi non metallici (carbonio, zolfo) e da pochi e rari elementi semimetallici (*arsenico, antimonio, tellurio*).

*Metalli, in genere hanno un alto peso specifico, buoni conduttori elettrici e termici, lucentezza metallica e marcata malleabilità.*

L'**ORO** si trova in prevalenza in due tipi principali di giacimenti: vene idrotermali (molto spesso entro rocce granitiche ed associato a quarzo e pirite) e in depositi alluvionali (formati per il lento accumulo di particelle aurifere trasportate dalle acque).

L'**ARGENTO** riflessi di colore bianco, in lamine molto fini che divengono azzurre per trasparenza. Presenta spesso alterazioni superficiali di ossido o di solfuro che gli conferiscono un colore grigio-nerastro.

Il **RAME** di colore rosso tipico si presenta sempre alterato con una patina verde o azzurra dovuta ai carbonati basici di rame (malachite e azzurrite).

*Non metalli, i più sono polimorfi; in natura se ne trovano le modificazioni più stabili alle condizioni ambientali.*

Lo **ZOLFO** in natura si trova solitamente nella forma alfa stabile sotto i 95°C. In taluni luoghi è possibile trovarlo anche nelle forme metastabile beta e gamma. La sua struttura è formata da una cella elementare di 16 anelli ciascuno costituito da 8 atomi di zolfo.

La **GRAFITE** è costituita di carbonio puro, nella sua varietà polimorfa stabile alle condizioni ambientali. Gli atomi si dispongono in strati di esagoni in modo che ciascun carbonio di un piano è legato ad altri tre a 1,42 Å. Gli strati però, distano tra loro 3,40 Å e sono legati da deboli legami tipo Van der Waals; ciò spiega la facile sfaldatura.

Il **DIAMANTE** è formato di carbonio puro, inattaccabile da acidi. Il legame si instaura fra atomi di carbonio distanti 1,54 Å. I diamanti sono presenti in giacimenti primari dell'Africa meridionale entro camini verticali di roccia basica ricca di olivina (Kimberlite).

*1 carato = 0,2 grammi.*

*Corona inglese 106 carati,*

*il Fiorentino 139 carati,*

*Nell'Africa sono state estratte pietre di notevoli dimensioni come l'Excelsior 971 carati (194 gr) e il Cullinam 3024 carati (604 gr) successivamente frazionato.*

### Solfuri

Minerali **formati dalla combinazione di metalli e/o semimetalli con zolfo**. Sono caratterizzati da aspetto metallico, alto peso specifico e opacità; costituiscono la maggior parte dei minerali di importanza industriale.

**BLEND A ZnS**

**CALCOPIRITE**  $CuFeS_2$ , struttura paragonabile a quella della blenda; l'unica diversità è che, nella Calcopirite gli atomi di zinco sono sostituiti da atomi di ferro e rame.

**GALENA**  $PbS$ , caratteristica è la sfaldatura perfetta secondo le facce di un cubo (*sistema cubico*).

I giacimenti sono in genere di origine idrotermale sebbene ne esistano anche di origine metasomatica e sedimentaria. **La produzione mondiale di piombo** deriva essenzialmente da tre minerali:

**CERUSSITE**  $PbCO_3$ , **ANGLESITE**  $PbSO_4$  e soprattutto **GALENA**  $PbS$ .

## Cenni di Mineralogia

CINABRO,  $HgS$  utilizzato prima come colorante successivamente utilizzato come materia prima per l'estrazione del mercurio.

PIRITE,  $FeS_2$ ; il colore è giallo oro, spesso le superfici assumono un colore marrone-giallognolo per alterazione a limonite. Luncentezza metallica.

### Alogenuri

Sono minerali, in genere di composizione chimica semplice, **incolori o debolmente colorati, piuttosto teneri e spesso solubili in acqua**. La struttura è retta da legami a carattere prevalentemente ionico. **La formazione è avvenuta per evaporazione** di bracci marini o di laghi salati, come prodotti secondari di processi di alterazione, per sublimazione in ambiente vulcanico subaereo e come minerali idrotermali. La deposizione di sali per effetto "evaporazione" procede in relazione alla solubilità:

- il primo a depositarsi è il **carbonato di calcio**  $CaCO_3$ ,
- il secondo a depositarsi è il **solfo** in forma di **gesso**  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  e di **anidride**  $CaSO_4$ ,
- il terzo è il **cloruro di sodio** o **SALGEMMA**  $NaCl$ ,
- infine **Sali potassici e magnesiaci** mescolati ad una quantità minima di salgemma residuo.

Tra gli alogenuri il più comune è il **SALGEMMA**  $NaCl$ , cristallizza nel sistema cubico, classe esacisottaedrica. I cristalli sono incolori e trasparenti; se vi è la presenza di ossidi di ferro possono assumere una colorazione rossa o gialla.

Altri alogenuri:

- **SILVINA**  $KCl$ ,
- **FLUORITE**  $CaF_2$

La fluorite si presenta in perfetti cristalli del sistema cubico. E' un minerale con struttura semplice; gli ioni calcio si distribuiscono secondo un reticolo cubico a facce centrate, mentre gli ioni-fluoro si collocano al centro degli otto cubetti in cui si può suddividere la cella elementare.

Ogni fluoro è circondato da quattro ioni-calcio in disposizione tetraedrica; ogni calcio da otto ioni-fluoro secondo la coordinazione 4:8. La fluorite può assumere diverse colorazioni, la più comune è quella violetta. E' un minerale trasparente o traslucido con lucentezza vitrea.

### Ossidi e Idrossidi

Sono compresi in questa classe gli ossidi veri e propri formati per la **combinazione dell'ossigeno con cationi metallici**; gli idrossidi in cui compaiono ioni ossidrilici; gli ossidi idrati, caratterizzati dalla presenza di molecole di acqua all'interno del reticolo.

**Gruppo degli spinelli**  $X^{2+}_2 O \cdot Y^{3+}_3 O_3$

con X = Ni, Zn, Mg, Fe<sup>2+</sup>

Y = Al, Cr, Fe<sup>3+</sup>

**SPINELLO**  $MgO \cdot Al_2 O_3$

**MAGNETITE**  $FeO \cdot Fe_2 O_3$

**Gruppo del corindone**  $X_2 O_3$

**CORINDONE**  $Al_2 O_3$

9 nella scala di Mohs, fonde a 2050°C.

**Le varietà perfettamente trasparenti e con colorazione di grande purezza**, denominate corindone nobile costituiscono pietre preziose; ricordiamo lo **zaffiro** (azzurro), e il **rubino orientale** (rosso sangue).

**EMATITE**  $Fe_2 O_3$  cristalli con abbondanza di forme e di abiti, forse associabili alla T di formazione. E' un minerale di **fondamentale importanza per l'estrazione del ferro**. Isola d'Elba. Forma bellissime composizioni chiamate **rose di ferro**; cristalli lamellari che si accrescono l'uno sull'altro. In passato usata per scalfire, scrivere (matite).

**Gruppo del rutilo**  $XO_2$

**RUTILO**  $TiO_2$

Rappresenta l'ossido di Titanio. E' un minerale che si trova in rocce metamorfiche e in rocce magmatiche intrusive.

**Gruppo dell'uranite**

**Idrossidi e idrati**; i miscugli di idrossidi e di ossidi idrati di alluminio prendono il nome di **BAUXITE**, quelli di ferro invece **LIMONITE**.

**GOETHITE**  $FeO(OH)$  **LEPIDOCROCITE** è il suo polimorfo.



## Cenni di Mineralogia

### Borati

Minerali dalla struttura caratterizzata da **gruppi triangolari  $BO_3$  e da gruppi tetraedrici  $BO_4$** , variamente collegati fra loro.

I giacimenti del minerale (come tutti i giacimenti di Sali solubili) si producono in condizioni climatiche particolari (zone desertiche e molto aride). La Toscana è interessata da emanazioni vulcaniche di acido borico, borati di calcio e magnesio, che **vanno a depositarsi intorno alle fumarole e alle terme minerali**.

I principali minerali del boro sono:

- BORACE  $Na_2[B_2O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ ,
- BORACITE  $Mg_6B_{14}O_{26}Cl_2$ ,
- COLEMANITE  $Ca_3[B_3O_4(OH)_3] \cdot 2H_2O$ .

### Nitrati

Contengono nella loro struttura il **gruppo  $NO_3$** ; sono Sali dell'acido nitrico.

Sono minerali assai simili ai carbonati ma con una stabilità minore dovuta all'aumento della polarità degli atomi di ossigeno che circondano l'azoto pentavalente.

#### NITRATINA $NaNO_3$

Cristallizza nella classe ditrigonale scalenoedrica ed è una struttura analoga a quella della calcite. E' incolore o solo leggermente colorata in alcuni casi; lucentezza vitrea. Solubile in acqua.

### Carbonati

Minerali molto diffusi privi in genere di colorazione propria, **si presentano bianchi, incolori o leggermente colorati a meno che non contengano cobalto, ferro o rame**. Si riconoscono facilmente perché vengono sciolti da acido cloridrico e rilasciano anidride carbonica.

#### Gruppo calcite - aragonite.

CALCITE, ARAGONITE  $CaCO_3$

#### Polimorfismo

Questo fenomeno si ha **quando due o più minerali che presentano la stessa composizione chimica hanno una diversa struttura cristallina, una diversa "forma"**. Questo perché nel passare allo stato cristallino un elemento o un composto chimico organizza i suoi atomi o ioni in una

struttura che è funzione sia delle caratteristiche degli atomi ma anche delle condizioni al contorno (del sistema): Temperatura e Pressione.

CALCITE  $\leftrightarrow$  ARAGONITE  $CaCO_3$

(a parità di T, l'aragonite è stabile a pressioni maggiori)

Altro esempio di polimorfismo per elementi nativi:

GRAFITE  $\leftrightarrow$  DIAMANTE C

Altri carbonati più diffusi:

DOLOMITE  $CaMg(CO_3)_2$

SIDERITE  $FeCO_3$

La calcite  $CaCO_3$  cristallizza nel sistema trigonale (stabile a pressioni più basse), l'aragonite cristallizza nel sistema rombico.

La calcite appare limpida e trasparente nella varietà chiamata **spato d'Islanda**.

#### Minerali trasparenti e proprietà ottiche.

Se un raggio di luce attraversa un cristallo di salgemma, l'effetto è lo stesso che si osserva quando il raggio attraversa una massa d'acqua: se arriva perpendicolarmente alla superficie, il raggio non subisce deviazioni; se invece è inclinato esso devia secondo l'indice di rifrazione. **Il fenomeno è detto rifrazione semplice e il salgemma viene detto otticamente isotropo.**

**Nei minerali appartenenti agli altri sistemi, il raggio che attraversa il cristallo si suddivide in due rami.** Il fenomeno prende il nome di **doppia rifrazione**, i minerali interessati sono **detti otticamente anisotropi** e vengono detti **birifrangenti**. I due raggio così generati si comportano in modo diverso; uno segue le leggi dell'ottica (**raggio ordinario**), l'altro devia secondo leggi proprie (**raggio straordinario**).

#### Gruppo dei carbonati basici.

AZZURRITE  $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$

Si presenta con cristalli azzurri ricchi di faccette ad abito

Prismatico appartenente al sistema monoclinico. Si trasforma in malachite per addizione di una molecola d'acqua e perdita di una molecola di anidride carbonica,

## Cenni di Mineralogia

anche se è un minerale più raro della malachite stessa. Nel Medioevo era utilizzato in pittura come pigmento.

Essenzialmente si nota nella formula un atomo di rame in meno nella malachite.



Appartiene al sistema monoclinico ma è in genere mal cristallizzata. Colore verde.

### Solfati, Cromati, Molibdati e Wolframati

Sono *minerali di aspetto non metallico* con bassa densità e birifrangenza; *poco duri* specialmente quelli contenenti ossidrilici o acqua.

Il gruppo anionico è formato da un *tetraedro di ossigeno*  $SO_4$  con un atomo di S, Cr, Mo, W nell'interno.

#### Solfati anidri:



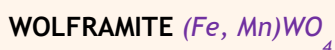
#### Solfati idrati:



#### Cromati:

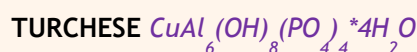
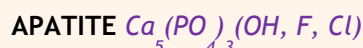


#### Molibdati e wolframati:



### Fosfati, arsenicati e vanadati

In questa classe sono compresi numerosi minerali con analogie cristallografiche che determinano il formarsi di numerose serie isomorfe. Strutturalmente si caratterizzano per la presenza di *gruppi tetraedrici*  $PO_4$ ,  $AsO_4$ ,  $VO_4$ .



### Silicati

Minerali formati essenzialmente da *gruppi tetraedrici*  $SiO_4$  uniti tra loro direttamente o per mezzo di cationi.

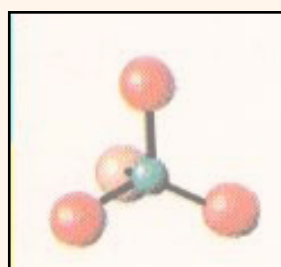
*La maggior parte dei silicati sono costituenti delle rocce magmatiche*, formatesi a temperature e pressioni elevate. Alcuni chiari esempi di silicati di natura magmatico sono:

- quarzo,
- feldspati,
- miche.

*Un'altra serie di silicati ha origine nelle rocce metamorfiche*; alcuni si presentano con ossidrilici come i serpentini, il talco, etc...

Nell'ambiente sedimentario invece si formano raramente i silicati; fra i più importati citiamo il quarzo e alcune specie di minerali argillosi.

Un silicato può essere rappresentato in cristallografica come uno scheletro di tetraedri  $SiO_4$ , che si può presentare ripieno di cationi in un caso, di cationi e molecole di acqua in un altro.



Tetraedro  
 $SiO_4$

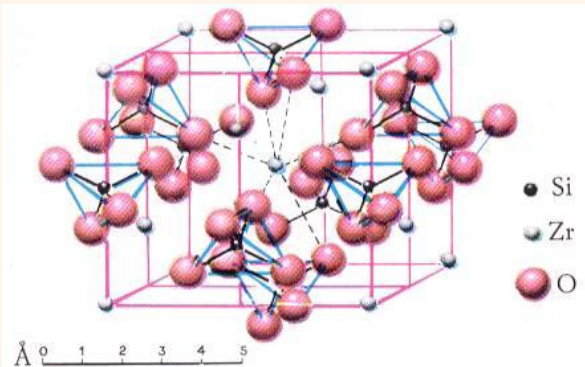
## Cenni di Mineralogia

Il legame Si—O è di natura quasi totalmente covalente (*un legame covalente polare si instaura quando avviene una sovrapposizione degli orbitali atomici di due atomi*) gli ossigeni sono disposti nelle direzioni delle valenze del silicio; cioè nei vertici di un tetraedro avente 2,6 Å di spigolo.

I tetraedri si uniscono fra loro per i vertici, come avviene per la polimerizzazione, dando luogo ai vari tipi strutturali dei silicati:

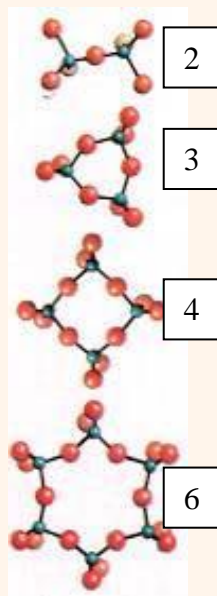
**NESOSILICATI**; i tetraedri sono isolati e uniti fra loro tramite dei cationi addizionali.

Esempio: **ZIRCONO**.

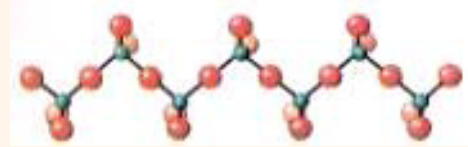


**SOROSILICATI**; si uniscono due, tre, quattro o sei tetraedri per i vertici. Nel caso siano 3, 4 o 6 tetraedri, si uniscono formando anelli chiusi.

Esempio: **BERILLO**  $Al_2 B Si_6 O_{18}$



**INOSILICATI**: i tetraedri si uniscono dando luogo a catene semplici o doppie.



Catena semplice ..... PIROSSENI  $XY_2 Si_2 O_6$

$X = Ca, Mn, Na, K$      $Y = Mg, Fe, Al$

DIOPSIDE..... contiene calcio e magnesio

AUGITE..... contiene ferro e alluminio



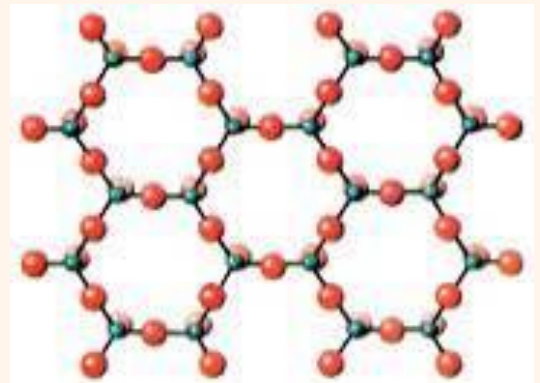
Catena doppia ..... ANFIBOLI

$X_2 Y_2 (OH, F)_2 [Si_4 Al_2 O_{11}]_2$

$X = Ca, Na, K$      $Y = Mg, Fe, Al, Mn$

ORNEBLENDA

**FILLOSILICATI**: unendo tre vertici di ogni tetraedro con i vertici del vicino tetraedro si ottiene un fillosilicato. Si formano degli strati (piani) che sono uniti fra loro per mezzo di cationi.





## Cenni di Mineralogia

Nel caso dei Fillosilicati, ogni tetraedro ha 3 atomi di ossigeno legati ad atomi di silicio; il quarto atomo di ossigeno appartenente a ciascun tetraedro si lega ad altri cationi (legame più debole).

Esempio:

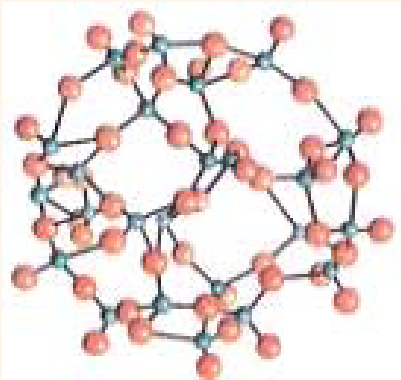
### GRUPPO DELLE MICHE

MUSCOVITE (grigio chiaro)  $KAl_2(OH)_2AlSi_3O_{10}$

BIOTITE (nera)  $K(Mg,Fe)_3(OH)_2AlSi_3O_{10}$

FLOGOPITE (dorata)  $KMg_3(OH)_2AlSi_3O_{10}$

**TECTOSILICATI:** i tetraedri si uniscono tra loro formando un *reticolo tridimensionale*; tutti e 4 gli Ossigeni sono legati ad un atomo di silicio.



**QUARZO:**  $SiO_2$

Cristallizza nella classe trigonale trapezoedrica. Stabile fino alla temperatura di 573°C. Le forme polimorfe più diffuse sono:

- il quarzo,
- la tridimite,
- la cristobalite.

*Il quarzo non presenta piani di sfaldatura* ma una frattura concoide. La *durezza è 7*. Otticamente uniaassico positivo con birifrangenza debole.

Altri tectosilicati:

**OPALE**  $SiO_2 + nH_2O$