

Sistematica dei minerali

Una specie mineralogica raggruppa gli individui naturali caratterizzati dallo stesso motivo strutturale e da un chimismo che oscilla entro limiti abbastanza ristretti. La sistematica di seguito proposta raggruppa i minerali su basi chimiche:

Elementi nativi e leghe (carburi, nitruri e fosfuri)

Solfuri (seleniuri, arseniuri, tellururi e solfosali)

Alogenuri (e alogenosali)

Ossidi e idrossidi

Carbonati (nitrati, arseniti, seleniti, telluriti e iodati)

Borati

Solfati (tellurati, cromati, molibdati e wolframati)

Fosfati (arseniati e vanadati)

Silicati

Composti organici

Elementi nativi

In questa classe vengono riuniti, oltre agli elementi che si trovano già in natura allo stato nativo, alcuni rari composti che si trovano quasi esclusivamente nelle meteoriti.

Elementi metallici: sono malleabili, opachi, lucenti, con buona conducibilità termica ed elettrica. Generalmente cristallizzano all'interno del sistema cubico (raramente esagonale compatto). Hanno un alto peso specifico.

In questa sottoclasse si trova il **gruppo dell'oro** che comprende Pb, Au, Ag e Cu.

Oro Relazionato alla messa in posto di rocce intrusive (raramente effusive) acide, ovvero ricche in SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O e K_2O quali ad es. i graniti (rocce formate essenzialmente da quarzo, plagioclasti e feldspati alcalini). La genesi viene definita come pneumatolitica - idrotermale (in pratica si tratta di rocce generate da fluidi di origine magmatica). Cubico a facce centrate - spesso in lega con Argento. Nel caso il tenore in Ag superi il 20% allora la lega prende il nome di **electrum**. L'oro crea leghe naturali anche con Cu e Hg. Da notare che l'oro si lega con Hg a temperatura ambiente (**amalgama**). Per questo motivo spesso il Hg viene utilizzato per l'estrazione dell'oro da sabbie alluvionali (**placers**). Questo metodo di estrazione è una delle cause principali di inquinamento in certe aree del pianeta



Rame Si trova raramente in cristalli con spigoli arrotondati, ma più spesso in masse compatte e spugnose. Geneticamente è associato a rocce eruttive basiche. Nel distretto minerario di Keewenaw (USA) sono stati trovati blocchi di rame nativo fino al peso di 420 tonnellate. In Italia piccole quantità di rame nativo si trovano in Liguria, nell'Appennino modenese ed aretino e nelle colline livornesi.



Altra sottoclasse è quella del **Gruppo del Platino** in cui si trovano tutti i metalli molto simili dal punto di vista chimico Pt, Pd, Ir e Os.

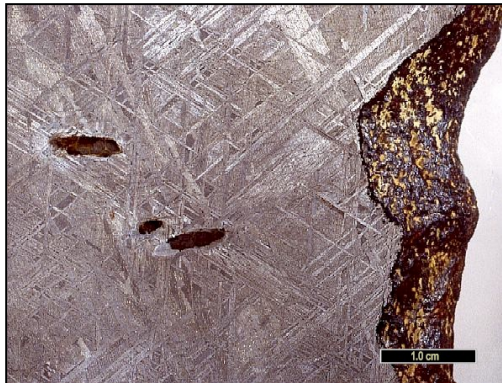
Platino In rocce Ultrafemiche, ovvero rocce povere in SiO_2 e ricche in FeO e MgO quali ad esempio le peridotiti (rocce formate in pratica da olivina per il 70 - 80%). Cubico a facce centrate spesso in lega con altri metalli detti "platinoidi o PGE - platin group elements" (Rutenio, Rodio, Palladio, Osmio e Iridio), con il rame (fino al 13%) e con il nichel (1%).



Gruppo del ferro. Questo gruppo contiene due minerali terrestri estremamente rari: il ferro alfa e il ferro – nichel.

Ferro - Nichel In meteoriti tipo sideroliti. Si tratta di soluzioni solide. Fe e Ni sono completamente miscibili fra loro solo a T° elevate ($>900^{\circ}\text{C}$), quando il Fe passa da una struttura a corpo centrato ad una struttura compatta. Tali soluzioni solide prendono i nomi di **kamacite**, **teanite** e di **plessite**.

In alcuni casi nelle meteoriti (in superfici lucidate e trattate con acido fluoridrico) si osservano lamelle di smescolamento in cui kamacite e teanite si alternano tra loro dando origine a figure caratteristiche (figure di Widmanstaetter). Tali meteoriti prendono il nome di ottaedriti.



Gruppo del mercurio , zinco e stagno. Oltre ai tre elementi elencati comprende anche alcune leghe del mercurio che prendono il nome generale di amalgame.

Mercurio In depositi idrotermali (riduzione da cinabro; liquido a temperatura ambiente, solidifica a -39°C)

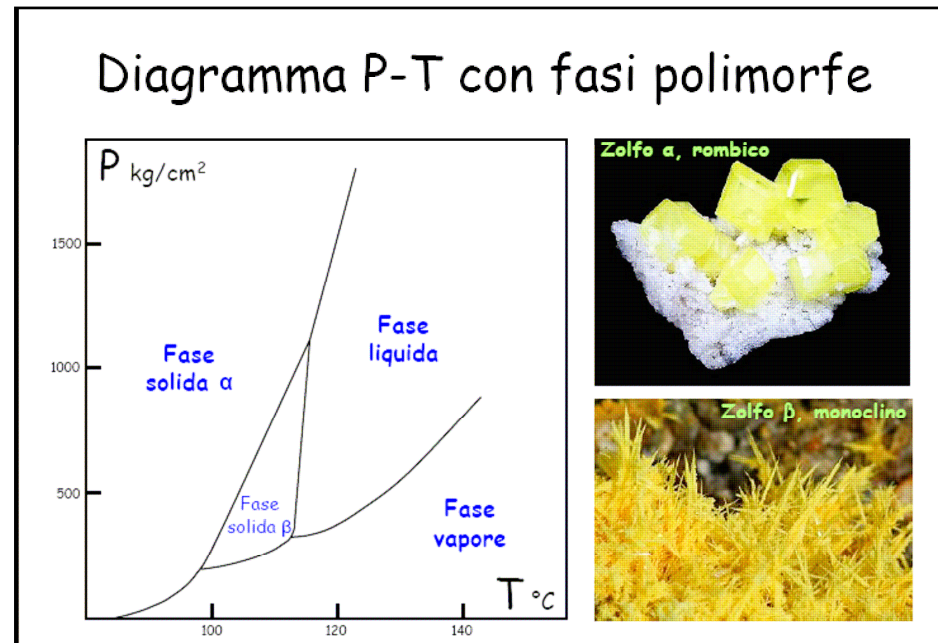


Elementi semi metallicci. In questa sottoclasse si individuano il gruppo dell'arsenico che comprende anche l'antimonio e il bismuto, e il gruppo del tellurio che comprende anche il selenio

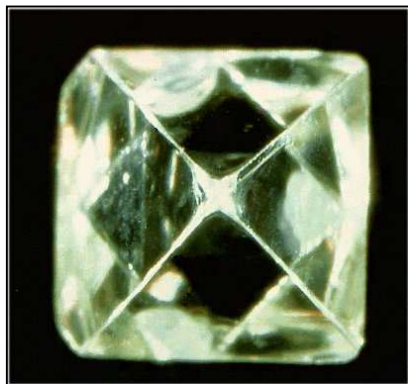
Elementi non metallicci. In natura si conoscono solo due elementi nativi a carattere non metallico; il carbonio e lo zolfo, ciascuno con differenti modificazioni polimorfe.

Zolfo Soprattutto relazionato a riduzione di gesso o celestina. Può anche precipitare direttamente grazie all'azione dei solfobatteri in acque ricche in H_2S .

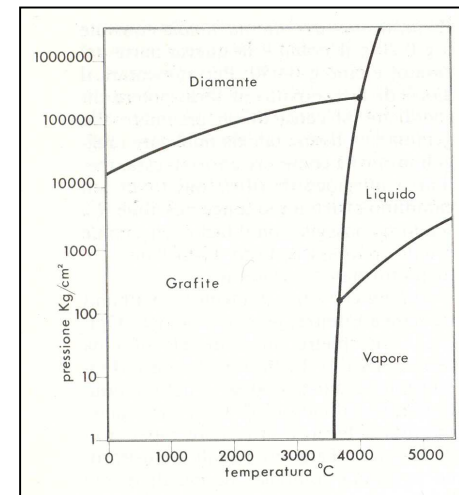
Da notare che H_2S può essere sia di origine termale che organica (putrefazione).



Diamante. Estremamente duro. In rocce ultrabasiche alcaline potassiche (es. le kimberliti). I Diamanti non si formano dal fuso di tali rocce, ma in particolari porzioni di mantello. In pratica si tratta di *xenocristalli*, ovvero cristalli raccolti da magmi che si formano a profondità molto elevate all'interno del mantello stesso. Il diamante ha struttura cubica ed è stabile solo a T° superiori ai 1200°C . Il diamante è la sostanza più dura conosciuta, tuttavia presenta durezze differenti a seconda delle direzioni cristallografiche. Questo fatto permette la lavorazione del diamante utilizzando il diamante stesso.



Grafite. È molto rara in cristalli euedrali, e forma delle lamelle esagonali appiattite secondo la base. In rocce sedimentarie metamorfosate. Deriva da metamorfismo di sostanze organiche.



Solfuri, seleniuri, arseniuri, tellururi e solfosali

Questa classe riunisce i composti non ossigenati formati da elementi metallici con elementi sia del VI gruppo come S, Se e Te, sia del V gruppo del sistema periodico (As, Sb, Bi).

Solfuri

Si tratta di minerali relazionati soprattutto a genesi di tipo idrotermale. In piccole quantità possono avere anche una genesi primaria come minerali accessori in rocce magmatiche. Raramente (pirite) possono essere prodotti in ambiente sedimentario (condizioni anossiche). In questo caso possono essere minerali importanti da un punto di vista paleoambientale. I solfuri possono essere associati anche a particolari rocce metamorfosate dal contatto di un plutone (es. una massa granitica). A questo tipo di giacitura è relazionato il giacimento di pirite ed ematite dell'Isola d'Elba.

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE: Gli atomi dei solfuri sono tenuti assieme da legami in parte metallici ed in parte covalenti. Se il legame covalente è quello di tipo predominante (es. nella blenda e nel cinabro), il solfuro si presenta trasparente. In genere però i solfuri sono caratterizzati da un riflesso metallico. Essendo opachi i solfuri non possono essere studiati a luce polarizzata ma solo a luce riflessa, di conseguenza è particolarmente importante per questo tipo di minerali il riconoscimento macroscopico. Presentano in genere frattura concoide.

Solfuri con rapporto Me : S > 1. Questa sottoclasse risulta una delle più complesse a trattarsi dal punto di vista cristallografico. Comprende minerali come la calcosina (Cu_2S ; utile per l'estrazione del Cu, è rombica, stabile fino a 103°C , i cristalli sono rari e presentano un abito esagonale), la bornite Cu_5FeS_4 , la pentlandite $(\text{Ni, Fe})_9\text{S}_8$ (uno dei principali minerali per l'estrazione del Ni; Si trova associato a rocce ultrabasiche (peridotiti).



Solfuri con rapporto Me : S > 1.

Minerali a coordinazione 4 (tetraedrica)

Blenda (o Sfalerite), ZnS

Cubica, cristallizza in tetraedri, tuttavia cristalli ben formati non sono comuni. Il colore varia dal giallo al rosso fino al nero. Tali differenze di colore sono imputabili a piccole percentuali di Fe che tende a sostituire lo Zn nella struttura. Maggiore è il contenuto in Fe, e più il minerale tende al colore nero (var. *marmatite* - **più del 5 % in Fe**). E' l'unico solfuro a non presentare in genere lucentezza metallica, ma resinosa. Sfalda perfettamente. La blenda è il principale minerale per l'estrazione dello Zn (tenori anche superiori a 67% in Zn).



Calcopirite CuFeS_2

Presenta abitus tetraedrico.

Il colore è giallo ottone (può essere confusa con la pirite); spesso presenta delle caratteristiche iridescenze, inoltre può facilmente essere associata a minerali di alterazione del Cu i quali presentano spesso colori blu o verdi (es. carbonati di Cu quali malachite, azzurrite etc). Non presenta sfaldatura ma fratture concoidi.

La calcopirite è tra i principali minerali utilizzati per l'estrazione del rame.



Minerali a coordinazione 6 (ottaedrica)

Galena PbS

Cristallizza in cubi e, a T° più elevate, in ottaedri. Sono frequenti forme miste cubo-ottaedriche. Spesso sono presenti geminati di compenetrazione. Il colore è grigio con spiccata lucentezza metallica dove non siano presenti alterazioni. Contiene fino all'86% in Pb. Oltre che per lo sfruttamento del Pb viene spesso usata per lo sfruttamento di Ag (tenori di 1-2%). La sfaldatura è perfetta lungo le facce del cubo.



Cinabro HgS

I cristalli sono rari e in genere geminati per compenetrazione. Più spesso è presente come patine dal colore rosso acceso.

Il tenore in Hg è elevato (86%). Può essere associato a Hg nativo.

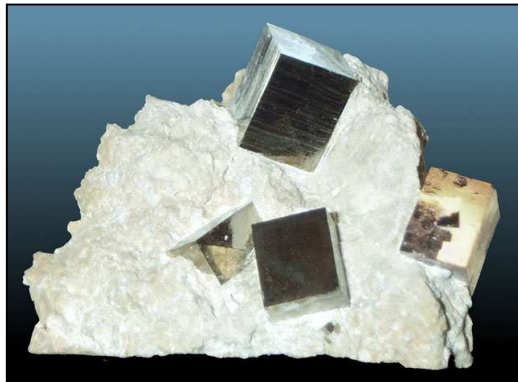


Solfuri con rapporto Me : S < 1.

Pirite FeS_2

Cristallizza prevalentemente in cubi, ottaedri, pentagonododecaedri e forme miste. Caratteristiche della pirite sono le **strutture triglife** caratterizzate dalla crescita alternata delle facce del cubo e del pentagonododecaedro. Non serve per l'estrazione del Fe, ma per la produzione di H_2SO_4 (anidride solforosa). Manca totalmente di sfaldatura. Molto alterabile in ambiente ossidante.

La pirite è presente, oltre che in giacimenti di tipo idrotermale, anche in skarn, rocce sedimentarie (ambiente riducente), metamorfiche ed infine in rocce magmatiche (acide e basiche) dove figura come minerale accessorio.

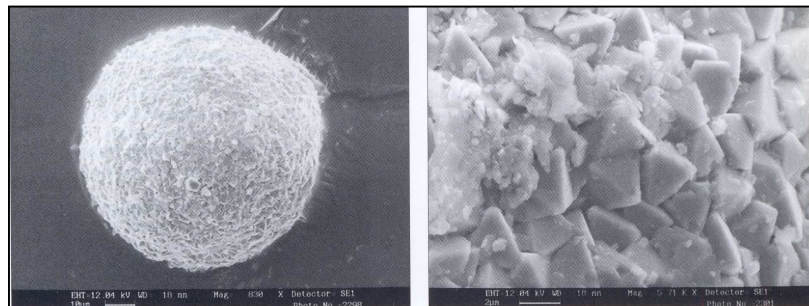


Marcasite FeS_2

Rombica bipiramidale - è un classico polimorfo deformativo.

Molibdenite MoS_2

I cristalli non sono quasi mai perfetti. Si trova in lamelle vagamente esagonali, per cui può essere confusa con la grafite, tuttavia è molto più pesante ed ha una genesi particolare essendo tipica di rocce pegmatitiche. Serve per l'estrazione del Mo oppure come lubrificante a secco.



Solfosali

Vengono riuniti in questa sottoclasse tutti quei composti che da un punto di vista cristallografico sono caratterizzati dalla presenza di solfoanioni del tipo AsS_3 , SbS_3 e simili. Si tratta di minerali molto importanti dal punto di vista giacimentologico.

Proustite Ag_3AsS_3

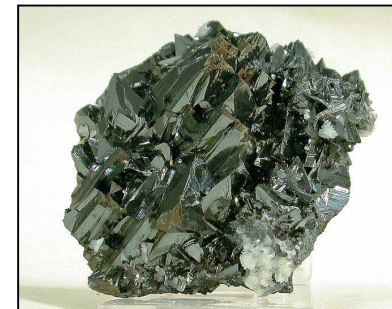
Assieme ad altri solfosali d'argento prende il nome minerario di "argenti rossi". Da fresca presenta un colore rossastro che ricorda quello del cinabro, tuttavia essendo un sale d'argento, è fotosensibile per cui se esposto alla luce perde il colore originario e tende con il tempo a diventare nero assumendo al tempo stesso una lucentezza metallica.



Tetraedriti

Tetraedrite $\text{Cu}_{12}(\text{SbS}_3)_4$ - Tennantite $\text{Cu}_{12}(\text{AsS}_3)_4$

Esistono tutti i composti intermedi tra questi due estremi sopra citati, inoltre esiste la possibilità di sostituzioni con altri elementi metallici (Ag, Hg, Cu), per questo motivo le tetraedriti sono rappresentate da un gran numero di varietà di minerali. Spesso i cristalli sono ricoperti da patine di calcopirite che ne altera il colore. Le tetraedriti sono minerali importanti per l'estrazione di Cu, Ag, As etc.



Solfoanidridi

Simili ai solfosali ma mancano gli elementi metallici

Antimonite (o stibnite) Sb_2S_3

Cristallizza in prismi molto allungati (cristalli aciculari). Presenta una sfaldatura perfetta coincidente con l'allungamento dei cristalli. Si tratta del principale minerale per l'estrazione di Sb presentando tenori in Sb di circa il 72% (il Sb viene spesso utilizzato come indurente per il Pb).



Orpimento As_2S_3

Presenta un colore giallo e una lucentezza resinosa. È un minerale di tipica genesi idrotermale di bassa T° inoltre può essere presente come patina in prossimità di fumarole vulcaniche.



Realgar As_4S_3

Presenta un colore rosso e lucentezza resinosa. Si altera facilmente in Orpimento.



Alogenuri

I legami presenti nella struttura degli alogenuri sono di tipo prevalentemente ionico. Si tratta di cationi metallici alcalini (Na, K etc.) o alcalino terrosi (Ca, Ba etc.) uniti ad anioni alogenici (Cl, F).

Possono essere semplici (NaCl) o doppi (CaF₂). Gli alogenuri semplici presentano una struttura tipo NaCl (cella elementare F con contenuto Na₄Cl₄) o tipo CsCl (cella elementare P con contenuto CsCl).

GENESI: La presenza di Fluoro implica una genesi pegmatitica o idrotermale, mentre la presenza di Cloro è relazionabile ad ambienti evaporitici.

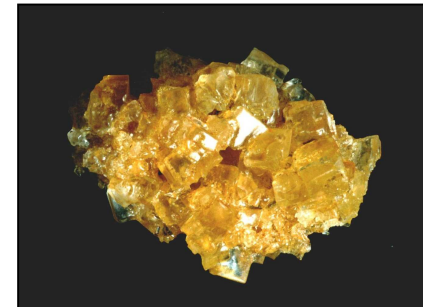
Halite (salgemma) NaCl

Cubico. Sfaldatura perfetta in zona 100 (facce del cubo). Comunemente è trasparente ed incolore, tuttavia può presentare delle colorazioni azzurrine o violette. Tali colorazioni sono imputabili a difetti reticolari relazionabili alla velocità di crescita.



Silvite (sale amaro) KCl

Cubico, stessa struttura del salgemma. Non è abbondante in natura come NaCl, si forma in ambienti evaporitici in una fase finale, quando cioè gran parte del K è già stato utilizzato per la formazione di altri minerali.



Fluorite CaF_2

Cristallizza generalmente in cubi, raramente in ottaedri. Sono possibili forme miste.

La sfaldatura è perfetta in zona 111 (facce dell'ottaedro). E' un tipico minerale idrotermale. Per questo motivo è spesso associata a giacimenti di solfuri di cui costituisce la *ganga*. In quantità modeste può essere presente in pegmatiti alcaline o come accessorio in magmatiti alcaline evolute. E' presente raramente anche in rocce metamorfiche. Il colore è fortemente variabile (incolore, viola, azzurra, verde, policroma). Tali colorazioni sono imputabili a difetti reticolari. Può essere fluorescente ai raggi ultravioletti da cui il nome.



Criolite Na_3AlF_6

Monoclino - rari i cristalli. Ha una genesi pegmatitica. In concentrazioni elevate è un minerale raro (in pratica esiste un solo giacimento importante al mondo, quello di Ivigtut in Groenlandia). Viene utilizzato come altofondente in metallurgia.



Ossidi e idrossidi

Elementi nativi, solfuri ed alogenuri si formano solo in condizioni particolari e quindi, nonostante si possano trovare in concentrazioni anche importanti, non sono minerali tipici della litosfera (intesa come crosta superiore, crosta inferiore, mantello litosferico).

Dato che i due elementi più abbondanti nella litosfera sono Ossigeno e Silicio, i minerali costituenti la maggior parte delle rocce sono gli ossidi (5 wt%) e i silicati (95 wt%). Agli ossidi appartengono circa 200 specie minerali di cui alcune importanti sia dal punto di vista economico che petrologico.

La genesi è varia:

- a) da magmatica a idrotermale
- b) sedimentaria
- c) metamorfica (M. regionale e di contatto)

I legami chimici sono essenzialmente di tipo ionico

La struttura può essere schematizzata in termini di poliedri catione-ossigeno (poliedri tetraedrici e ottaedrici). Gli impacchettamenti più comuni sono il cubico compatto e l'esagonale compatto.

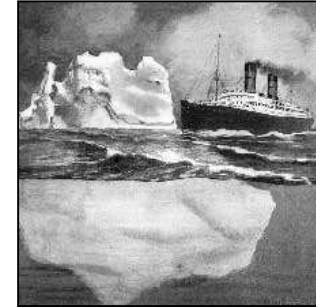
Il rapporto tra metallo (Me) e ossigeno (O) può variare.

- 1) $\text{Me/O} \geq 1$
- 2) $\text{Me/O} = 3/4$
- 3) $\text{Me/O} = 2/3$
- 4) $\text{Me/O} = 1/2$
- 5) **idrossidi (presenza di anioni OH^-)**



Ghiaccio H_2O

La struttura non è ben definita. Esistono numerosi polimorfi - simmetria esagonale.

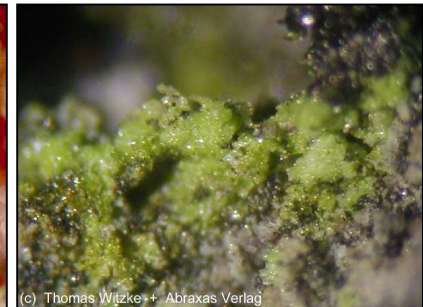


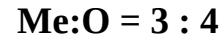
Cuprite Cu_2O

Cubico, massima simmetria - relazionato ad alterazione di solfuri di rame. Spesso in associazione con rame nativo. Deve la sua importanza al fatto di costituire spesso il "capellaccio" dei giacimenti cupriferi. Nonostante l'alto tenore in Cu, la cuprite non è tuttavia sfruttata industrialmente essendo in genere poco abbondante.



Zincite ZnO , Periclasio MgO , Calce CaO , Wustite FeO sono ossidi con $\text{Me:O}=1$. Sono tutti piuttosto rari con l'eccezione del periclasio, prodotto di metamorfismo di alta temperatura come a Predazzo nel Trentino



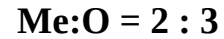


Tale rapporto stechiometrico è tipico negli spinelli (impacchettamento cubico compatto leggermente distorto (isomorfismo di prima specie). Va ricordato che tali minerali sono tra gli ossidi più importanti dal punto di vista petrogenetico, nonché quelli più abbondanti. Tutti gli spinelli sono cubici (massima simmetria). Cristallizzano in ottaedri (rari i cubo-ottaedri e i rombododecaedri).

La formula è semplice da ricordare, essendo data dalla somma di un bivalente con un trivalente.

Ricordiamo solo i più comuni: **Spinello (nobile) MgAl_2O_4** Raro. In genere si trova in rocce calcaree termometamorfosate per contatto. Viene utilizzato come gemma (es rubino della corona d'Inghilterra). I cristalli possono essere incolori (se puri), rossi (colore più comune), verdi o azzurri. **Cromite FeCr_2O_4** Si tratta del principale minerale per l'estrazione del cromo, rarissimo in cristalli ben formati, si trova in rocce ultrabasiche (peridotiti, pirosseniti) associato ad olivina e pirosseni. **Magnetite FeFe_2O_4** Presenta un'alta suscettività magnetica e può essere magnetizzata permanentemente. In natura esistono magnetiti polari in grado di generare campi magnetici intensi. La lucentezza è metallica. I cristalli ben formati sono comuni (ottaedri, cubo-ottaedri, rombododecaedri, icositetraedri). La magnetite presenta tenori in Fe superiori al 70%. Si trova praticamente in tutti gli ambienti.





CORINDONE Al_2O_3

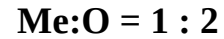
Fonde a T° altissime. Durezza 9. I cristalli sono tozzi prismi esagonali. Se puro (rarissimo) è incolore e prende il nome gemmologico di leucozaffiro. Il colore più frequente è il grigio (smeriglio). Tipico minerale pegmatitico o di metamorfismo di contatto in calcari ricchi in Al. Viene utilizzato comunemente come sostanza abrasiva. Le forme trasparenti rivestono una importanza notevole in gemmologia. I colori dipendono da elementi coloranti.



EMATITE Fe_2O_3

Isostrutturale con il Corindone. Molto comune anche se difficilmente in cristalli di grandi dimensioni. Deve il suo nome al fatto che in polvere presenta un forte color rosso (dal prefisso emos-sangue in greco). La genesi è varia: magmatica, metamorfica (regionale e di contatto) e sedimentaria. In ambiente magmatico i cristalli e ematite testimoniano una maggiore attività di O_2 (fugacità di ossigeno = O_2) rispetto alla magnetite (in cui il ferro è presente anche con stato di ossidazione +2). In ambiente sedimentario è un minerale comune nei processi di weathering (alterazione), e può indicare pertanto un momento di emersione. Alla presenza di ematite è legato il colore rossastro tipico dei suoli (vedi terre rosse del Carso). I maggiori giacimenti al mondo di ferro sono legati all'ematite. I cristalli hanno forme variabili: piccole lamine, romboedri, fibre, mammelloni etc. Tipici gli aggregati a "rosa di ferro".

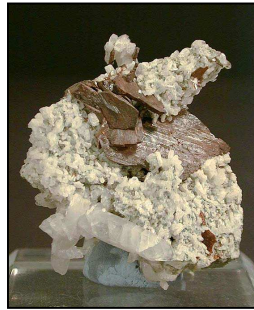
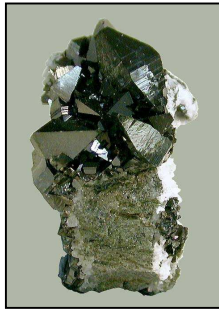




RUTILO TiO_2

Cristallizza in aghetti (sagenite). Il colore è variabile da giallo (capelli di venere) a rosso (rutilo) a nero (nigrina) in relazione alla presenza di ferro. Spesso presenta geminati caratteristici in cui i cristalli sono uniti con angoli di circa 120° (geminati a ginocchio). E' un importante minerale accessorio in rocce di tutti i tipi. Viene coltivato in placers per l'estrazione del Ti.

Esistono due polimorfi: ANATASIO (tetragonale, tipico anche in ambiente sedimentario) e BROOKITE (rombico).



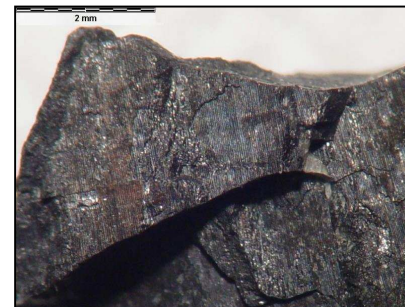
CASSITERITE SnO_2

Isotipo con il Rutilo. Frequenti i geminati (a becco di stagno). La genesi è pneumatolitica, pegmatitica o, raramente, idrotermale di alta temperatura. Si tratta del principale minerale per la produzione dello Sn.



URANINITE UO_2

La genesi è pegmatitica, pneumatolitica o idrotermale. In quest'ultimo caso il minerale non presenta cristallizzazioni evidenti e prende il nome di **pechblenda**.



Idrossidi

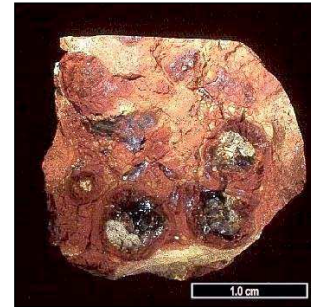
BRUCITE $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Minerale tipico in dolomie metamorfosate per contatto oppure in rocce femiche-ultrafemiche sottoposte a metamorfismo regionale.



GIBBSITE (idroargillite) $\text{Al}(\text{OH})_3$ e BOEHMITE $\text{AlO}(\text{OH})$

Mai visibili in cristalli ben formati, risultano importanti essendo i costituenti essenziali delle bauxiti. In pratica la genesi indica uno spinto processo di wheathering (alterazione). La loro presenza può anche dare una stima della maturità di un suolo.



GOETHITE $\text{FeO}(\text{OH})$ e LEPIDOCROCITE $\text{Fe}(\text{OH})$

Si tratta di minerali di alterazione. Sono tra i principali costituenti delle Lateriti. Possono essere sfruttate industrialmente presentando tenori in Fe del 50-62%. Hanno una notevole importanza ambientale. Gran parte dei problemi ecologici sono in qualche modo connessi alla presenza delle lateriti.

