

## Rocce e minerali

### Che cosa sono i minerali

I minerali sono sostanze solide che si trovano allo stato naturale e possono essere formati da un solo elemento o da più elementi legati fra di loro (composti chimici).

L'oro, l'argento e il carbonio sono elementi che da soli formano un minerale e si chiamano elementi nativi. Il normale sale da cucina è invece un composto chimico chiamato salgemma, cioè un minerale formato da ioni sodio e ioni cloro. Gli atomi, gli ioni e le molecole che formano un minerale sono disposte nello spazio in modo ordinato e secondo forme geometriche ben definite che vengono chiamate reticoli cristallini. La struttura del reticolo cristallino definisce la forma del cristallo che noi vediamo; questa forma dipende anche dallo spazio che ha a disposizione il minerale quando si sviluppa. Ad esempio, la salgemma o sale da cucina è un minerale formato da cristalli che hanno la forma cubica; stessa forma ha il suo reticolo cristallino formato da ioni sodio e cloro disposti nello spazio in modo alternato. La disposizione degli atomi nello spazio e come essi si legano fra loro, determina il modo in cui un minerale si può rompere o meglio si sfalda; infatti, la sfaldatura è la proprietà che hanno alcuni minerali di rompersi in particolari modi seguendo la loro forma geometrica. La composizione chimica determina anche il colore del cristallo come il giallo del topazio, il rosso dei rubini, il viola del quarzo ametista. Un'altra caratteristica di un minerale è la durezza, ovvero la sua resistenza ad essere scalfito, e viene classificata con dei numeri (da 1 a 10) con la scala di Mohs. Ai primi posti della scala troviamo minerali molto teneri che possono essere scalfiti con un'unghia come il talco, il gesso e la calcite. All'ultimo posto troviamo il diamante che è il minerale più duro esistente in natura.

### Quanti minerali conosciamo?

In natura esistono moltissimi minerali: si conoscono circa 2000 specie, alcune sono rare e altre sono molto diffuse, ma solo una trentina di questi compongono le rocce della crosta terrestre.

Questi minerali sono formati da diversi elementi chimici che li differenziano. In base alla composizione chimica, i minerali vengono classificati nei seguenti gruppi.

I silicati sono molto importanti: solo l'8% dei minerali che costituiscono la Terra non appartengono al gruppo. Questi minerali sono sempre formati da silicio e ossigeno che possono legare alluminio, ferro, calcio, magnesio, sodio e potassio. Un minerale molto importante e abbondante negli strati più profondi della Terra è l'olivina che ha una struttura molto compatta e densa perché costituita da silicio, magnesio e ferro. L'amianto, le miche, i minerali argillosi, il quarzo, i feldspati (come l'ortoclasio e il plagioclasio) appartengono a questo gruppo.

Il gruppo dei carbonati è costituito da due importanti minerali: la calcite, un carbonato di calcio che forma le rocce calcaree e la dolomite, un carbonato di calcio e magnesio che forma le rocce dolomitiche. Questi minerali e le corrispondenti rocce vengono disciolte dalle acque, formando i paesaggi carsici e i paesaggi montuosi dolomitici. In particolari condizioni ambientali per evaporazione dell'acqua marina o di alcuni laghi si formano il gesso e la salgemma (sale da cucina). Questo è il gruppo dei solfati e dei sali.

Quando l'ossigeno lega altri elementi come il ferro si formano ossidi e idrossidi. Esempi sono la magnetite, la limonite, l'ematite che formano rocce di colore giallo – rosso che rappresentano la principale fonte di ferro dell'industria mineraria. Altri importanti giacimenti minerari sono formati dai solfuri, minerali che contengono zolfo legato al ferro come nella pirite. Se lo zolfo è legato al ferro e anche al rame si forma la calcopirite, se legato al piombo si forma la galena, se al mercurio si forma il cinabro.

Oro, argento e rame sono giacimenti formati dallo un solo elemento e prendono il nome di elementi nativi. Il diamante e la grafite sono formati entrambi da solo carbonio, ma sono diversi dal punto di vista commerciale e della struttura cristallina.

### Il diamante e la grafite

Il carbonio è un elemento nativo che da solo forma due minerali molto diversi: il diamante (pietra preziosa) e la grafite. Il diamante è il minerale più duro esistente in natura perché è formato da soli atomi di carbonio legati fra loro da legami

chimici molto forti (legami covalenti) che si dispongono nello spazio formando un reticolo cristallino tridimensionale. Anche la grafite è un minerale formato da soli atomi di carbonio, ma questi sono legati fra di loro formando degli strati orizzontali, come i piani di un palazzo. I vari piani sono poi tenuti insieme fra loro da legami chimici deboli e formano un minerale che si rompe facilmente negli strati di cui è formato.

Le condizioni ambientali in cui il minerale si forma ed in particolare i diversi valori di temperatura e di pressione, determinano il modo con cui il carbonio si lega ad altri atomi di carbonio.

## Che cosa sono le rocce

I 2000 minerali conosciuti si possono aggregare fra loro in infinite combinazioni per dare origine ad un numero elevatissimo di rocce. I processi che formano una roccia non portano ad una completa separazione dei diversi minerali che la compongono, di conseguenza è difficile trovare rocce costituite da un unico minerale. Osserveremo che nella realtà le rocce sono formate da un miscuglio di minerali diversi; solo i minerali presenti in maggior quantità identificano il tipo di roccia. Ad esempio il granito è una roccia magmatica formata da molti minerali, ma in particolare sono sempre presenti in gran quantità i quarzi, i feldspati e le miche.

Il processo che porta alla formazione di una roccia è di fondamentale importanza, tanto che la classificazione delle rocce si basa sul modo che ne ha determinato la formazione:

- le rocce **magmatiche** o ignee si formano dal raffreddamento di una massa di minerali allo stato fuso (il magma) mischiato a sostanze gassose attraverso un processo che si chiama processo magmatico
- le rocce **sedimentarie** sono costituite da frammenti di roccia che sono stati accumulati attraverso un processo che si chiama processo sedimentario
- le rocce **metamorfiche** sono rocce che hanno subito delle trasformazioni nel corso dei tempi geologici. Il processo che descrive queste trasformazioni si chiama processo metamorfico.

## Le rocce più antiche

Il pianeta Terra si formò 4,7 miliardi di anni fa e nelle fasi iniziali della sua storia era formato solo da materiale allo stato fuso. I materiali fusi si distribuirono a distanze diverse rispetto al centro della Terra a seconda della loro densità: i materiali più leggeri occuparono uno strato vicino alla superficie, si raffreddarono e si trasformarono in composti solidi. Questi primi composti solidi sono le rocce più antiche della Terra.

## Rocce magmatiche

I 2/3 della crosta terrestre sono costituiti da rocce magmatiche che si formano dal raffreddamento di una massa di minerali allo stato fuso mischiati a sostanze gassose. Questo miscuglio si chiama **magma**: è composto da minerali che possono essere assai diversi, ma sempre appartenenti al gruppo dei silicati. Il graduale raffreddamento della massa magmatica comporta la **cristallizzazione** dei minerali e la formazione della roccia.

Le strutture cristalline si formano più facilmente quando nel magma sono disciolte sostanze gassose che vengono trattenute più facilmente quando la roccia si forma all'interno della Terra. In questo caso il processo di raffreddamento è **lento e graduale** e si formano rocce che si chiamano **rocce magmatiche intrusive**. Un esempio è il granito, roccia nella quale sono evidenti i cristalli dei diversi minerali; altro esempio è la diorite.

Quando il processo di raffreddamento avviene in superficie, è caratterizzato da un **improvviso abbassamento della temperatura**; i gas contenuti nel magma si disperdono nell'atmosfera, il passaggio allo stato solido avviene bruscamente e la roccia è formata da cristalli molto piccoli. Queste rocce vengono chiamate **rocce magmatiche effusive**. Esempi sono il basalto, la riolite e l'andesite che vengono impiegate in edilizia nelle pavimentazioni stradali e nelle massicciate ferroviarie perchè hanno una colorazione uniforme; questa dipende dalla loro struttura in cui i cristalli dei minerali non sono visibili. La roccia che si forma dal raffreddamento più rapido del magma è l'**ossidiana** che ha una "struttura vetrosa", mentre un'altra roccia molto particolare è la **pomice**. Questa roccia si forma da un magma molto ricco di gas,

che solidifica prima che questi si possano disperdere; la sua struttura è porosa e i numerosi pori, dovuti alle bolle di gas, rendono la roccia tanto leggera da farla galleggiare sull'acqua.

Il primo minerale che solidifica dal magma a temperature ancora alte è l'**olivina**, che infatti si trova in quantità nelle rocce degli strati interni della Terra. Man mano che ci si avvicina alla superficie terrestre, diminuisce la temperatura del magma e si formano minerali più ricchi di silice: anfiboli, biotite, feldspati, muscovite e quarzo: questi minerali formano le rocce magmatiche che si trovano in prossimità della superficie terrestre.

#### **Possiamo vedere le rocce magmatiche intrusive?**

Gli ammassi di rocce intrusive si sono formati in profondità e sono circondati da rocce di altri tipi che possono essere alterate dai fenomeni erosivi che avvengono sulla superficie terrestre. In questo modo la roccia magmatica intrusiva viene a trovarsi in superficie; la stessa cosa avviene anche durante la formazione di una catena montuosa, quando i movimenti tettonici sollevano masse di rocce intrusive. Le masse di roccia magmatica intrusiva visibili sulla superficie terrestre si chiamano plutoni o batoliti.

#### **Dove si forma il magma?**

Il magma si origina nel mantello, ad una profondità di 100 chilometri, in particolari condizioni di temperatura e pressione. La massa magmatica una volta formata si può rimanere ferma per lunghi periodi, e solo all'aumento della temperatura o alla diminuzione della pressione si sposta verso la superficie terrestre. Questa massa alimenta i vulcani, e attraverso le eruzioni il materiale magmatico viene espulso all'esterno e prende il nome di lava.

#### **La lava**

La lava, se molto fluida, viene espulsa dal vulcano in assenza di fenomeni esplosivi, raggiunge temperature di 1200°C e scorre sul suolo con velocità anche di 100 chilometri orari. La presenza di gas e di silicio favorisce l'attività esplosiva di un vulcano: il magma viene sminuzzato e le rocce circostanti sono rotte in frammenti di tutte le dimensioni e lanciati con molta forza nell'aria. I frammenti vengono chiamati piroclasti e a seconda della dimensione si distinguono: le polveri (molto fini), le ceneri, i lapilli, le bombe e i blocchi (grosse dimensioni). I blocchi di lava vengono lanciati anche a 10 chilometri di distanza dove si accumulano a formare i depositi piroclastici, che sono rocce sedimentarie.

## **Rocce sedimentarie**

L'azione dell'acqua e dell'aria tende a trasformare e demolire i minerali che compongono le rocce, provocando la loro **disgregazione** e formando frammenti di varie dimensioni che si chiamano detriti. Le acque dei fiumi e dei mari, il vento e i ghiacciai **trasportano** i detriti e li **accumulano** nelle depressioni della superficie terrestre formando inizialmente dei depositi sciolti. Nel corso del tempo i sedimenti trasportati si accumulano sopra quelli già esistenti comprimendo quelli sottostanti. I detriti compressi sono sottoposti ad una pressione che porta alla perdita dell'acqua presente tra i frammenti, così che in modo progressivo il materiale si compatta. Alcune sostanze minerali sono sciolte nell'acqua presente e si depositano negli spazi fra i detriti formando un "**cemento**" che li tiene insieme. In un tempo di milioni di anni si forma una roccia sedimentaria dura e compatta attraverso quelli che vengono chiamati processi di compattazione e cementificazione dei sedimenti sciolti. L'insieme di questi processi chimici e fisici prende il nome di **diagenesi**, ed è più attiva per alcuni periodi di tempo e meno in altri. In questo modo si formano depositi costituiti da strati che sono facilmente visibili nelle pareti di un canyon o nei versanti delle Dolomiti.

#### **Dove si trovano?**

I sassi di varie dimensioni che si trovano alla base dei versanti in montagna, le sabbie o le argille, la ghiaia e i sassi arrotondati che si trovano lungo i fiumi sono **rocce sedimentarie clastiche**. In particolare le ghiaie, quando sono tenute insieme da una sabbia fine si chiamano conglomerati. Le **rocce piroclastiche** sono le rocce sedimentarie formate dai frammenti di lava prodotti dalle eruzioni vulcaniche esplosive e poi depositati in strati.

Molto importanti e particolari sono le **rocce organogene** formate dai depositi dei gusci di molluschi marini. I fondali oceanici sono coperti da fango formato dai gusci di organismi planctonici come i foraminiferi (che hanno gusci calcarei e formeranno rocce organogene carbonatiche), radiolari e diatomee (che hanno gusci silicei e formeranno rocce organogene silicee). Altri tipi di rocce organogene vengono costruiti dall'attività di organismi marini: i polipi delle madrepore costruiscono i loro scheletri calcarei che formano le barriere coralline. Esempi spettacolari di scogliere

coralline sono le Dolomiti, un tempo sommerse ed immerse in un oceano, ora montagne imponenti. Alcune alghe azzurre sono invece capaci di estrarre il carbonato di calcio dall'acqua e lo depositano, costruendo delle strutture a forma di cupola formate da tanti strati sottili sovrapposti: le **stromatoliti**. Ricordiamo che l'accumulo del materiale vegetale forma i carboni fossili.

Nelle grotte carsiche, in prossimità di sorgenti o cascate, il carbonato di calcio si deposita a formare stalattiti, stalagmiti, il travertino e l'alabastro, mentre i depositi di minerali insolubili in acqua come il ferro e l'alluminio, forma le lateriti e le bauxite. Queste sono **rocce sedimentarie chimiche** che derivano da un processo di deposizione generato da reazioni di tipo chimico. Anche minerali come la calcite, la salgemma e il gesso si depositano in un mare o in un lago in seguito all'evaporazione dell'acqua, come accade nel mar Rosso, nel Mediterraneo orientale e nel Mar Morto, formando le evaporiti. Rocce evaporitiche si trovano in Emilia Romagna, in Sicilia e nelle Marche. Si sono formate 6-7 milioni di anni fa quando l'Europa si è avvicinata all'Africa e si è chiuso lo stretto di Gibilterra (che garantiva uno scambio di acqua tra i mari). L'acqua del mar Mediterraneo è evaporata, si sono formati i depositi evaporitici e nuove terre sono emerse. La selce e le sue varietà come l'opale (pietra ornamentale di valore), sono **rocce sedimentarie silicee** formate da cristalli di quarzo microscopici. Si formano per l'accumulo di gusci di organismi, sia marini che di acqua dolce, che hanno gusci composti da silice, come i radiolari e le diatomee.

## Rocce metamorfiche

Le rocce sedimentarie e magmatiche, nel momento in cui si verificano movimenti tettonici, possono essere trascinate in profondità e trovarsi in condizioni di temperature e pressioni molto elevate che trasformano la loro struttura cristallina. Questo processo viene chiamato metamorfico e trasforma rocce sedimentarie e magmatiche in metamorfiche. Ad esempio, le rocce carbonatiche che subiscono il processo metamorfico formano il **marmo**; le arenarie e le argilliti si trasformano in rocce chiamate **gneiss**.

### **Ma le rocce si possono trasformare?**

La crosta terrestre è in continua evoluzione perché agiscono costantemente i processi di trasformazione delle rocce. Le rocce superficiali (sedimentarie e magmatiche) vengono portate in profondità e trasformate in rocce metamorfiche. Se si raggiungono temperature molto elevate, le rocce si fondono e si trasformano in magma. Quando il magma si raffredda e ritorna allo stato solido si formano le rocce magmatiche. Le rocce profonde possono poi essere riportate in superficie, essere erose e formare frammenti che costituiranno i depositi delle rocce sedimentarie.

## L'interno della Terra

La Terra è un corpo sferico formato al suo interno da più strati di vario spessore (crosta, mantello, nucleo esterno e nucleo interno). Il passaggio da uno strato ad un altro è identificato da superfici di discontinuità:

- la crosta è divisa dal mantello a circa 30-40 chilometri di profondità dalla discontinuità di Mohorovicic o Moho
- il mantello è diviso dal nucleo esterno a circa 2900 chilometri di profondità dalla discontinuità di Gutenberg
- il nucleo esterno è diviso dal nucleo interno a circa 5100 chilometri di profondità dalla discontinuità di Lehmann.

### **La crosta**

La crosta è lo strato più esterno della Terra e si distingue in crosta terrestre e oceanica. La crosta dei continenti ha uno spessore medio di 40 chilometri ed è costituita da rocce magmatiche (graniti) e metamorfiche. Lo strato superficiale dei continenti è ricoperto per la maggior parte da rocce sedimentarie. La crosta oceanica ha uno spessore minore, che misura circa 6-8 chilometri ed è formata da rocce ignee di tipo diverso. Infatti troviamo un primo strato di basalti e al di sotto i gabbri e le rocce metamorfiche; anche la superficie della crosta oceanica è ricoperta da sedimenti.

### **Il mantello**

Il mantello è uno strato costituito prevalentemente da rocce magmatiche (peridotite) più dense dei gabbri e dei basalti che formano la crosta. I minerali che compongono questa roccia sono prevalentemente l'olivina e i pirosseni. In questo strato la velocità e la direzione delle onde sismiche subiscono dei cambiamenti improvvisi che ci permettono di capire

che le rocce non sono sempre allo stato solido. Ricordiamoci che il magma si origina ad una profondità di circa 100 chilometri. Infatti, nello spessore compreso tra i 70 e 200 chilometri di profondità (immediatamente sotto la crosta) si pensa che ci possa essere materiale roccioso fuso.

### **Il nucleo**

Sempre in base al comportamento delle onde sismiche, si ipotizza che il nucleo esterno sia formato da rocce fuse, perché manifesta le caratteristiche di un liquido. Si pensa che sia ricco di ferro mescolato a silicio e altri metalli come il nichel. Il nucleo interno, invece, si comporta come un solido, in modo rigido ed elastico: sembra costituito da rocce allo stato solido.