

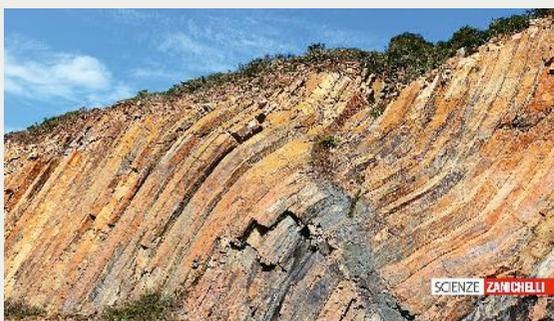


I MATERIALI DELLA TERRA SOLIDA

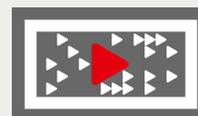
FLIPPED
classroom

**PRIMA DI INIZIARE
A LEGGERE L'UNITÀ**

Guarda il video e rispondi alle domande



Scarica la app
GUARDA!
e inquadrami



Video
Quali materiali costituiscono
la litosfera?

1. Di che cosa sono fatte le rocce?
2. In che modo vengono classificate?
3. Come si chiama il ciclo che lega tutte le rocce in un grande «percorso» che si svolge in tempi di milioni di anni?

**Osserva la fotografia e scrivi una didascalia
a partire dalle informazioni fornite**



La fotografia mostra la *Cueva de los cristales*: una grotta che si trova in Messico. I giganteschi cristalli che vedi sono costituiti da *selenite*, una varietà del gesso. Le dimensioni della cavità in cui si forma un cristallo fanno sì che esso possa essere molto piccolo o molto grande, a seconda dello spazio. Il gesso si forma prevalentemente in acqua, satura del sale *solfo di calcio*.

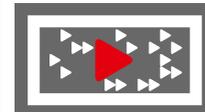
Colate orizzontali di lava (basalto) che, per contrazione durante il raffreddamento, si sono fratturate in prismi verticali, assumendo una struttura «colonnare» (Islanda).

.....
.....
.....
.....
.....

1

I minerali

GUARDA!



▶ Video

I **minerali** sono i costituenti fondamentali delle rocce, che a loro volta sono i veri e propri «mattoni» di cui è fatta la crosta terrestre, l'involucro più esterno del nostro pianeta.

Esistono più di 2000 tipi di minerali diversi, e talvolta uno stesso tipo si presenta in molte varietà differenti, ma quelli più comuni sono soltanto una ventina.

1 Caratteristiche dei minerali

I minerali sono sostanze solide, naturali, che hanno una **composizione chimica** ben definita, cioè esprimibile per mezzo di una formula chimica.

Gli atomi che costituiscono i minerali sono quasi sempre disposti secondo un **reticolo cristallino**: una struttura regolare che si ripete nelle tre dimensioni. Esistono molti tipi di reticoli cristallini, a seconda delle dimensioni degli atomi che compongono il reticolo e del tipo di legame che li unisce.

La forma esterna di un cristallo è detta invece **abito cristallino**.

A seconda della forma del reticolo cristallino e degli elementi chimici che li costituiscono, i minerali vengono classificati in **8 classi principali**.

CLASSE	ESEMPIO
silicati	olivina
ossidi	ematite
carbonati	calcite
elementi nativi	oro
solfuri	pirite
solfati	barite
alogenuri	salgemma
fosfati e borati	apatite

A queste 8 classi si aggiungono alcune sostanze organiche minerali: per esempio, il carbone.

▶ LEGGI L'IMMAGINE

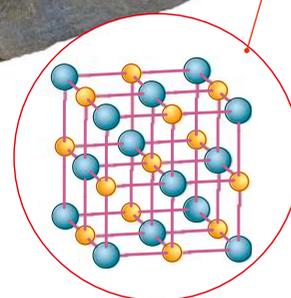
Qual è la struttura che si ripete nel cristallo di galena?

Qual è invece la struttura del cristallo di quarzo?



Nel reticolo cristallino della galena ogni ione negativo (zolfo) S^{2-} è circondato da 6 ioni positivi (piombo) Pb^{2+} e ogni ione piombo è, a sua volta, circondato da 6 ioni zolfo. La struttura interna che si ripete in tutto il cristallo è il cubo.

La disposizione delle facce del cristallo di galena dipende dalla disposizione nello spazio degli atomi che costituiscono il minerale.



Pb^{2+} ione positivo

S^{2-} ione negativo

Il quarzo si presenta come un prisma esagonale (un solido con 6 facce laterali) con sopra una piramide (anch'essa di base esagonale). La sua forma risponde a precise leggi di simmetria che rispecchiano la disposizione dei piani di atomi presenti nel reticolo cristallino del minerale.



2 Proprietà fisiche dei minerali

I minerali si possono riconoscere anche in base ad alcune proprietà fisiche.

1. Il colore può essere utile al riconoscimento, ma non sempre: alcuni minerali presentano colori diversi a seconda delle impurità rimaste intrappolate nel reticolo durante la sua formazione.

2. La lucentezza è il modo in cui la superficie di un cristallo riflette la luce. Essa può essere *metallica* (nelle sostanze opache, come la pirite o l'oro) o *non metallica* (nelle sostanze più o meno trasparenti, come il quarzo). Dipende dai tipi di atomi presenti e dai loro legami, che influenzano il modo in cui la luce attraversa il minerale o viene riflessa dalla sua superficie.

3. La densità è data dalla compattezza degli atomi nel reticolo cristallino del minerale.

4. La sfaldatura è la tendenza di un minerale a rompersi lungo delle superfici parallele alle facce dell'abito cristallino, ed è determinata dalla struttura cristallina; dipende dalla forza dei legami tra gli atomi nelle diverse direzioni nel cristallo.

5. La durezza di un minerale è la resistenza alla scalfittura e dipende dai legami chimici: più sono forti i legami, più duro è il minerale. Viene misurata in base alla scala di Mohs.

► LEGGI L'IMMAGINE

Quali minerali rappresentano gli estremi della scala di Mohs?



1. La fluorite può presentarsi in diversi colori.



2. La pirite presenta una tipica lucentezza metallica.



3. L'oro (nella figura: una pepita) ha una densità molto elevata: 19 g/cm^3 ; il comune quarzo, per confronto, è molto meno denso: $2,6 \text{ g/cm}^3$.



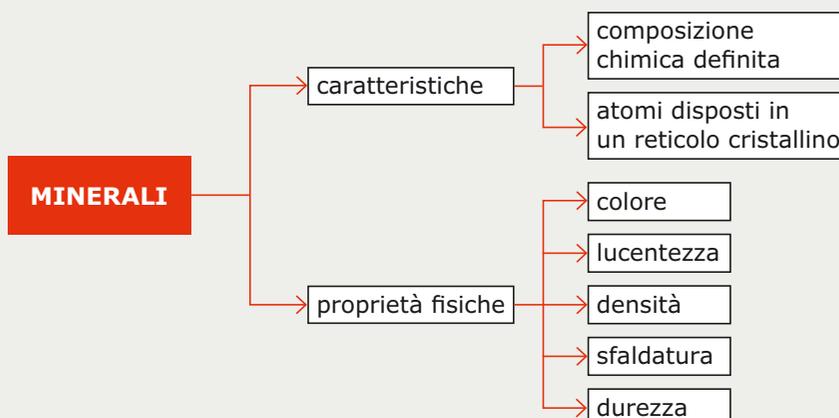
4. La sfaldatura della muscovite (un silicato) permette di staccare dal cristallo lamine sottili.

SCALA DI MOHS

1	talco	TENERI (scalfiti dall'unghia)
2	gesso	
3	calcite	SEMI-DURI (scalfiti dall'acciaio)
4	fluorite	
5	apatite	
6	ortoclasio	DURI (non scalfiti dall'acciaio)
7	quarzo	
8	topazio	
9	corindone	
10	diamante	

5. Nella scala di Mohs i minerali sono elencati in ordine di **durezza** relativa crescente: ogni minerale presente nell'elenco può scalfire quello che lo precede ed è invece scalfito da quello che lo segue.

Guida allo studio

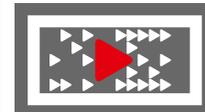


- LAVORA CON LA MAPPA** Evidenzia con lo stesso colore, nel testo e nella mappa, le caratteristiche fondamentali dei minerali.
- Sottolinea nel testo le proprietà fisiche dei minerali e individua per ciascuna almeno uno dei fattori dai quali è influenzata.
- In base a che cosa sono classificati i minerali?
- Che cosa descrive il reticolo cristallino di un minerale?
- LAVORA CON IL VIDEO** Qual è l'abito cristallino della magnetite? E quello della fluorite?

2

Composizione e formazione dei minerali

GUARDA!



Video

Il nostro pianeta è costituito in misura prevalente da composti allo stato solido, che formano nella parte esterna uno strato denominato **crosta terrestre**. I minerali che costituiscono la crosta terrestre sono formati dalla combinazione degli stessi elementi chimici che si ritrovano in tutto l'Universo.

Alcuni minerali (per esempio, l'oro e l'argento) sono formati da un solo tipo di elemento, ma per la maggior parte i minerali sono il risultato della combinazione di più elementi, legati tra loro in un *composto chimico* (per esempio, gli ossidi).

La formazione dei minerali avviene attraverso diversi processi.

1 La composizione chimica dei minerali

Gli elementi chimici che, in misura diversa, entrano a fare parte delle sostanze presenti in natura sono 92. Di questi però soltanto 8 sono abbondanti nella crosta terrestre, tanto da formarne il 98,8% in peso.

Si tratta di: *ossigeno* (O), *silicio* (Si), *alluminio* (Al), *ferro* (Fe), *calcio* (Ca), *magnesio* (Mg), *sodio* (Na), *potassio* (K).

Due elementi – l'**ossigeno** e il **silicio** – costituiscono da soli quasi il 75% in massa della crosta terrestre.

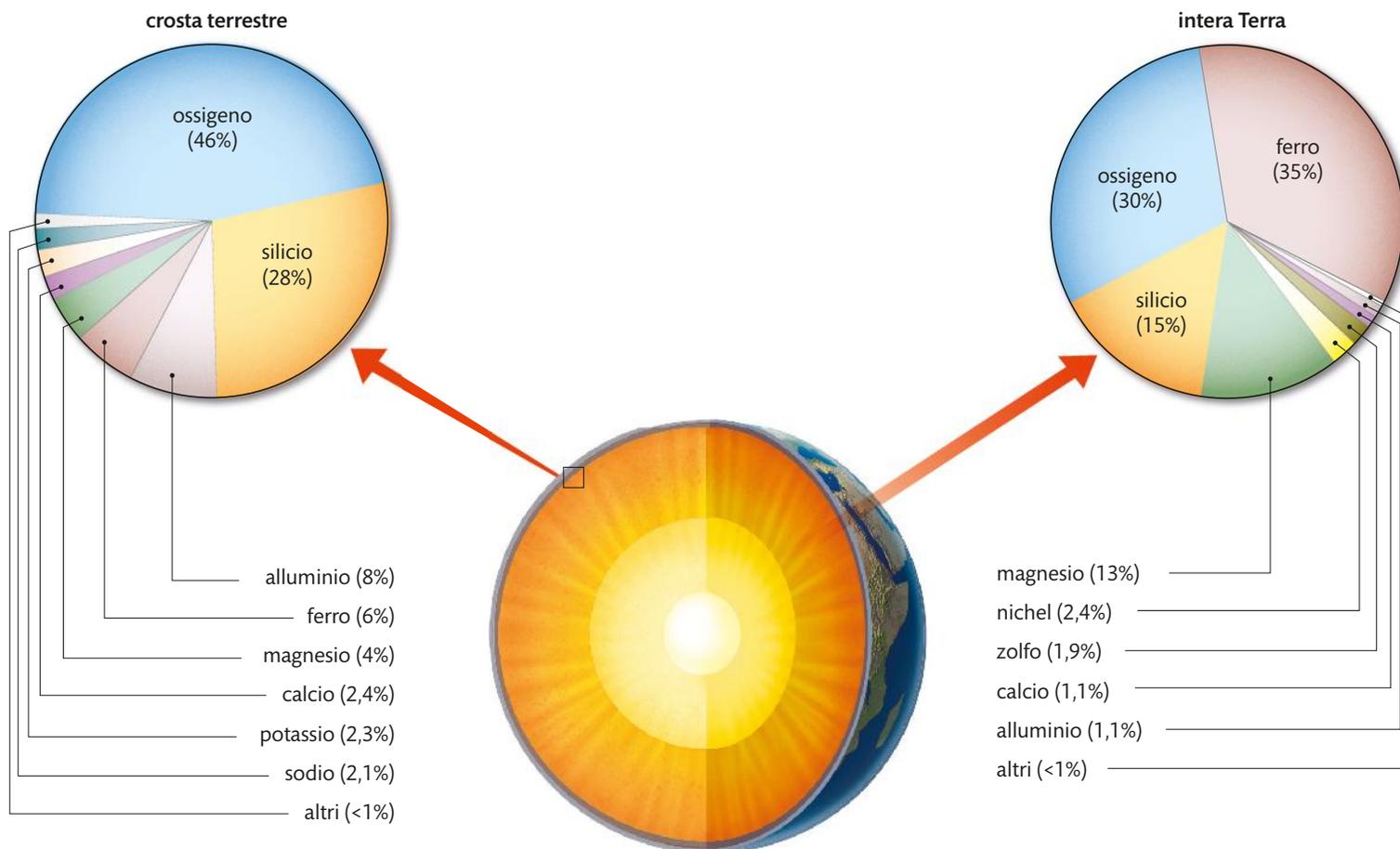
Se consideriamo l'abbondanza degli elementi chimici dal punto di vista del loro volume, anziché della massa, la prevalenza dell'ossigeno diventa ancora più evidente. È forse paradossale, ma oltre il 90% del volume dei materiali solidi che costituiscono la crosta dei continenti, su cui camminiamo e con cui costruiamo i nostri edifici, è dovuto a un elemento – l'ossigeno – che ci è molto più familiare come aeriforme.

Il resto della crosta terrestre, la parte più ampia, che si estende sotto gli oceani, è composta dagli stessi elementi, ma in porzioni diverse e, quindi, sotto forma di composti chimici differenti, cioè minerali diversi.

Ancora diversa risulta la proporzione se si considera l'intero globo terrestre.

► **LEGGI L'IMMAGINE**

Qual è l'elemento più abbondante nella crosta terrestre? È il più abbondante anche nella Terra nel suo complesso?



2 La formazione dei minerali

Ogni specie minerale dipende dalle caratteristiche dell'ambiente in cui si forma: temperatura, pressione, concentrazione degli elementi chimici. Perciò la sua presenza fornisce informazioni sull'ambiente di origine della porzione di crosta terrestre che lo contiene.

Vediamo quali sono i principali processi di formazione.

- **Cristallizzazione per raffreddamento** di materiali fusi (per esempio, della lava eruttata da un vulcano). Gli atomi o i gruppi di atomi si aggregano per formare i reticoli cristallini tipici dei vari composti chimici.
- **Precipitazione da soluzioni acquose** cal-

de in via di raffreddamento: si formano via via cristalli di specie mineralogiche diverse, a seconda della composizione chimica della soluzione.

- **Sublimazione di vapori caldi** (o *brinamento*), che possono determinare la formazione di cristalli su superfici vicine alla zona di fuoriuscita.
- **Evaporazione** di soluzioni acquose (soprattutto acque marine).
- **Attività biologica**, che porta alla costruzione di gusci o apparati scheletrici.
- **Trasformazioni allo stato solido** di minerali già esistenti, prodotte da variazioni di temperatura o pressione diffuse soprattutto in profondità, entro la crosta.

Se un minerale può crescere senza ostacoli, si sviluppa in cristalli singoli, le cui dimensioni possono raggiungere anche molti centimetri o addirittura metri (vedi figura in apertura di questa unità).

Di solito, la crescita di un cristallo è ostacolata dallo sviluppo contemporaneo di altri cristalli: si forma così una massa di cristalli piccoli, dei quali è più difficile riconoscere la forma.

► LEGGI L'IMMAGINE

In che modo si sono formati i cristalli della prima fotografia? E quelli di zolfo della seconda?



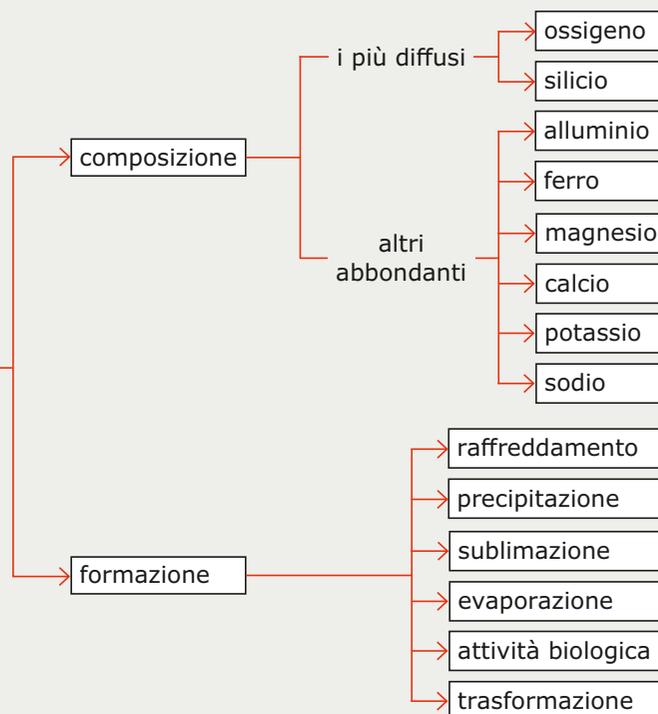
Cristalli di quarzo (grigi), ortoclasio (rosa) e mica (neri), in un campione di granito, formati per raffreddamento.



Cristalli di zolfo formati per sublimazione in seguito alla fuoriuscita di vapore.

Guida allo studio

MINERALI DELLA CROSTA TERRESTRE



1. **LAVORA CON LA MAPPA** Segna a fianco di ciascun elemento chimico la percentuale in cui è presente nella crosta terrestre (scegli il grafico del paragrafo che corrisponde alla mappa).
2. Quali sono i due elementi chimici che insieme costituiscono oltre la metà delle rocce della crosta terrestre?
3. E i due elementi che costituiscono oltre la metà della massa dell'intero pianeta?
4. In quali processi di formazione dei minerali è coinvolto il calore?
5. **LAVORA CON IL VIDEO** Quale relazione lega la velocità di raffreddamento del magma e le dimensioni dei cristalli che vi si formano?

3

Silicati, ossidi, carbonati

I silicati sono i minerali più abbondanti della crosta terrestre: da soli rappresentano l'80% dei materiali che affiorano sulla superficie del pianeta.

Altri importanti gruppi di minerali sono i composti dell'ossigeno con elementi metallici (gli ossidi) e i composti a base di carbonio e ossigeno (i carbonati).

1 I silicati

Il loro nome deriva dal fatto che contengono **silicio** (Si) e **ossigeno** (O) strettamente combinati. Oltre a questi due elementi, tutti i silicati (a eccezione del quarzo) contengono uno o più di uno degli altri elementi abbondanti nella crosta.

La struttura alla base del reticolo cristallino dei silicati ha forma di tetraedro con 4 atomi di ossigeno che circondano un atomo di silicio. Questo tetraedro viene chiamato **gruppo silicatico** (SiO_4)⁴⁻ ed è dotato di 4 cariche negative che, per poter dare un composto elettricamente neutro, devono essere compensate da 4 cariche positive.

Questo può avvenire in due modi:

- un gruppo silicatico si può legare ad alcuni **ioni positivi metallici**, come il sodio (Na^+), il potassio (K^+), il calcio (Ca^{2+}), il magnesio (Mg^{2+}) e il ferro (Fe^{2+} e Fe^{3+});
- i tetraedri possono anche legarsi tra loro unendosi per i vertici: alcuni atomi di ossigeno sono condivisi da due tetraedri

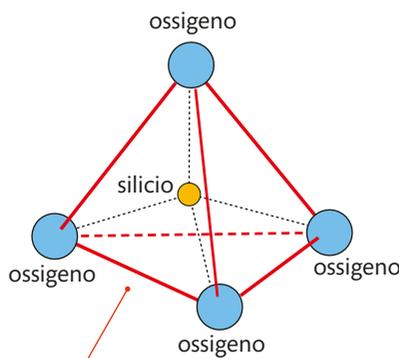
(sono detti quindi **ossigeno-ponte**) originando così catene di tetraedri, singole o doppie, oppure lamine e reticoli tridimensionali ancor più complessi, secondo un processo detto **polimerizzazione**.

Il diverso modo di legarsi tra loro dei tetraedri influisce sulla forma e le caratteristiche chimico-fisiche dei cristalli che ne derivano e consente di suddividere i silicati in 4 gruppi. Quando soltanto alcuni atomi di ossigeno sono condivisi, si ot-

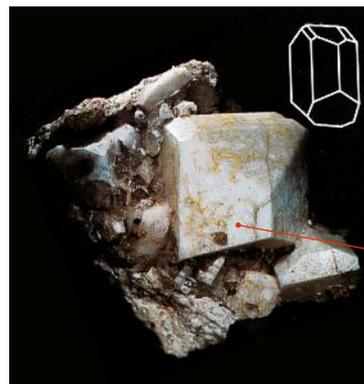
tengono catene o strati di tetraedri e i silicati sono più fragili (è il caso delle miche, dalle tipiche sfaldature in fogli); quando, al contrario, prevalgono gli ossigeno-ponte i tetraedri sono più compatti e i silicati più resistenti (è il caso dei feldspati e del quarzo).

► LEGGI L'IMMAGINE

Come varia la struttura in relazione al numero dei vertici che i tetraedri hanno in comune?



Il tetraedro del gruppo silicatico.



I **feldspati** sono i silicati più numerosi. Un tipico esempio è l'*ortoclasio* (il disegno riproduce l'abito cristallino).

NESOSILICATI	INOSILICATI		FILLOSILICATI	TETOSILICATI
I tetraedri, separati, sono tutti legati a ioni metallici.	I tetraedri sono uniti in catene di tipi diversi e legati a ioni metallici.		Aumenta il numero degli ossigeno-ponte (e quindi diminuisce la capacità di legarsi ad altri ioni metallici).	Tutti gli atomi di ossigeno fanno da ponte.
TETRAEDRI SEPARATI	CATENA SINGOLA INDEFINITA	CATENA DOPPIA INDEFINITA	STRATO INDEFINITO	INTELAIATURA TRIDIMENSIONALE
olivina, granato	pirosseni	anfiboli	miche, talco	quarzo, feldspati

2 Gli ossidi

Sono un gruppo di notevole importanza dal punto di vista economico, perché comprende i minerali da cui si ricava gran parte dei metalli usati nell'industria. Gli ossidi contengono infatti ossigeno combinato con elementi metallici.

Sono comprese in questo primo gruppo l'**ematite** (Fe_2O_3) e la **magnetite** (Fe_3O_4), utilizzate per l'estrazione del ferro.

Anche il **corindone** (Al_2O_3) è un ossi-

do ed è un minerale inferiore per durezza solo al diamante; a volte si presenta in varietà limpide di colore rosso, chiamate **rubino**, e blu, chiamate **zaffiro**.

► LEGGI L'IMMAGINE

Che nome prende il corindone di colore rosso quando è usato come gemma?

La varietà limpida del **rubino** è una gemma preziosa.



3 I carbonati

Sono composti da uno o più ioni positivi, come quelli di calcio e magnesio, combinati con uno ione carbonato (CO_3)²⁻.

I minerali più comuni di questa classe sono i componenti essenziali delle rocce sedimentarie carbonatiche: per esempio, la **calcite**, CaCO_3 , è il costituente dei calcari e la **dolomite**, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, costituisce le dolomie.

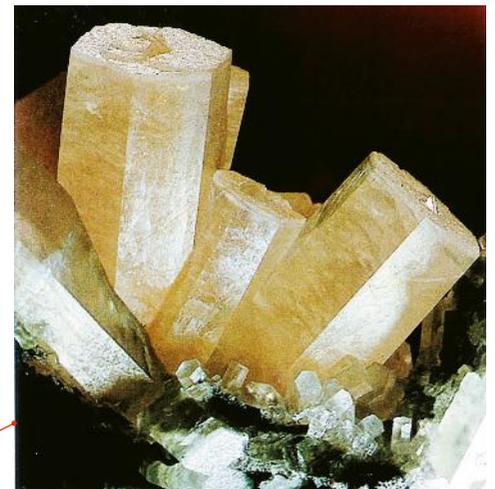
La calcite si forma per evaporazione di soluzioni ricche di carbonato di calcio o per estrazione dalle acque marine o continentali ad opera di organismi che utiliz-

zano il carbonato di calcio per «costruire» i propri gusci, o scheletri. La dolomite si forma per azione dell'acqua del mare su rocce ricche di calcite.

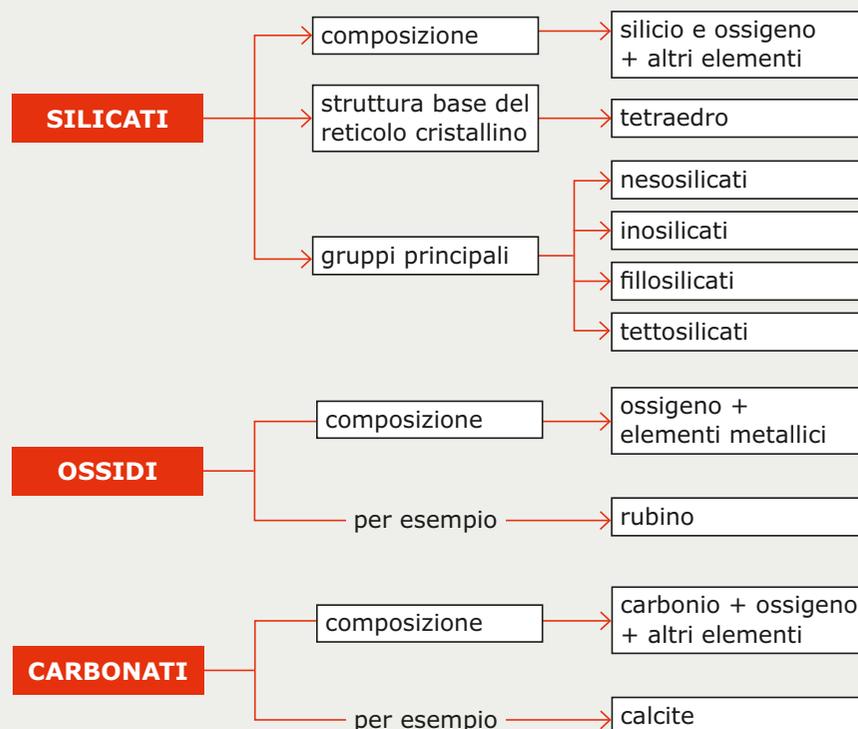
► LEGGI L'IMMAGINE

Che forma hanno i cristalli di calcite in fotografia?

La **calcite** è composta di carbonato di calcio (CaCO_3), che forma cristalli limpidi e trasparenti o colorati.



Guida allo studio



1. LAVORA CON LA MAPPA

Evidenzia la composizione chimica caratteristica di ciascun gruppo di minerali rappresentato.

2. Qual è la struttura che sta alla base del reticolo cristallino dei silicati?
3. Come sono chiamati gli atomi di ossigeno che vengono condivisi nel reticolo dei silicati?
4. Qual è l'importanza economica del gruppo degli ossidi?
5. Che differenza c'è tra calcari e dolomie dal punto di vista chimico?

4

Elementi nativi, solfuri, solfati, alogenuri, fosfati

Gli elementi nativi si trovano in natura come minerali, non in forma di composto chimico. I solfuri e i solfati sono minerali che contengono zolfo. Gli alogenuri derivano dalla combinazione

di uno o più elementi con un alogeno. I fosfati contengono uno ione fosfato (fosforo e ossigeno) legato a uno o più elementi metallici.

1 Gli elementi nativi

L'oro, un diamante, la grafite sono esempi di elementi che in natura si trovano allo stato *nativo*, cioè sono **puri**, non combinati con altri. Formano masse di minerale costituito da un singolo elemento.

Spesso gli elementi nativi non si presentano in cristalli ma in forma di ammassi granulari o filamentosi (sempre, però, con un reticolo cristallino).

L'**oro** (Au) si forma, sempre insieme al quarzo, in filoni associati a rocce derivanti da magma raffreddatosi al di sotto della superficie terrestre. La maggior parte si ricava, però, da accumuli in cui i corsi d'acqua hanno abbandonato *sabbia aurifera* o *pepi-*

te (ciottoli d'oro) dopo averli asportati per erosione nell'attraversare i filoni auriferi.

Anche l'**argento** (Ag), il **rame** (Cu) e lo **zolfo** (S) possono trovarsi come elementi nativi.

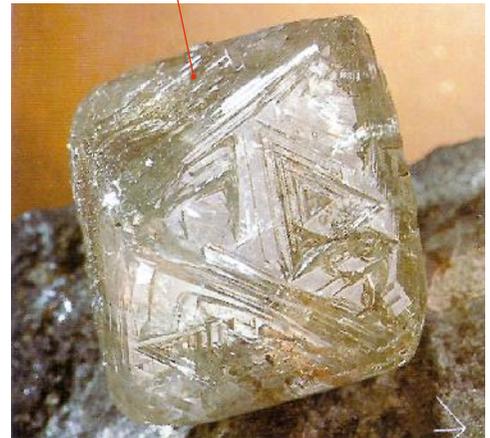
Il **diamante** e la **grafite** sono due modi diversi di cristallizzare dell'elemento carbonio (C): il primo si forma a grandi profondità, la seconda da sostanza organica sottoposta a forti pressioni.

Tra gli elementi nativi si trova anche il **mercurio** (Hg), l'unico minerale liquido a temperatura ambiente. Si trova in rocce vulcaniche, in forma di minuscole gocce.

► LEGGI L'IMMAGINE

In quali condizioni si forma il diamante?

Il **diamante** si forma per cristallizzazione di carbonio puro ad alta temperatura e a pressioni elevatissime.



2 I solfuri

Contengono zolfo (S), legato a elementi metallici.

La **pirite** (FeS₂) è un solfuro molto comune. Si presenta in cristalli cubici (quindi con 6 facce), ottaedrici (con 8 facce triangolari equilatero) oppure formati da 12 facce pentagonali.

L'**argentite** è il solfuro d'argento (Ag₂S),

il principale minerale per l'estrazione dell'argento.

La **galena** è il solfuro di piombo (PbS) e si trova in cristalli cubici entro filoni, spesso in associazione con l'argentite.

L'**argentite** forma tipici cristalli cubici distorti, di colore grigio piombo ma in genere anneriti in superficie.

► LEGGI L'IMMAGINE

Che tipo di lucentezza presenta l'argentite?



3 I solfati

Nei solfati lo zolfo è presente sotto forma di ione solfato (SO₄)²⁻. I solfati comprendono circa 300 tipi di minerali. I più comuni sono il **gesso** (CaSO₄ · 2H₂O: solfato di calcio legato a due molecole di acqua), la **barite** (BaSO₄), la **celestina** (SrSO₄).

Spesso i cristalli di gesso si presentano *geminati*, cioè associati secondo regole precise. La geminazione è una delle caratteristiche che permettono di riconoscerlo. Il gesso è un tipico minerale sedimentario di

origine chimica e si forma per precipitazione diretta da acque in cui il solfato di calcio è disciolto. (Si ricordi che un sale può sciogliersi in acqua solo fino a una certa quantità; se l'acqua satura inizia a evaporare, il sale comincia a precipitare e forma cristalli.)

► LEGGI L'IMMAGINE

Che forma presentano i cristalli di selenite?

Un campione di **gesso** (varietà selenite) con cristalli geminati a «coda di rondine».



4 Gli alogenuri

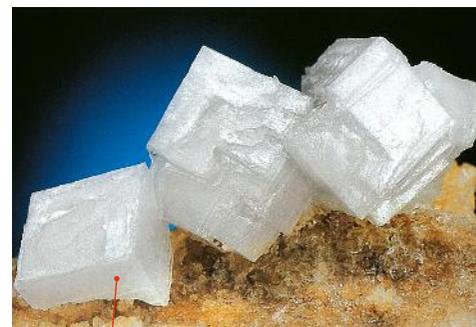
Sono costituiti dalla combinazione di uno o più ioni metallici con il cloro, il fluoro, lo iodio o il bromo, elementi che nel loro complesso vengono chiamati **alogeni**.

La **fluorite** (CaF_2) cristallizza in forme cubiche e ottaedriche. La fluorite pura è trasparente, ma può assumere anche altre colorazioni a seconda delle impurezze (cioè degli elementi diversi da calcio e fluoro) che contiene nei suoi reticoli cristallini.

Anche il **salgemma** (NaCl) è un alogenuro; si forma per l'evaporazione di acque salate e ha una grande importanza nell'industria chimica. È il «sale comune» da cucina.

► LEGGI L'IMMAGINE

Che forma presentano i cristalli di salgemma?



Cristalli di **salgemma**.

5 I fosfati e i composti simili

Contengono uno *ione fosfato* (PO_4)³⁻, legato a uno o più elementi metallici. Gli atomi di fosforo e di ossigeno sono legati a formare strutture tetraedriche: al centro si trova il fosforo, mentre i vertici sono occupati dagli atomi di ossigeno.

L'**apatite** è un fosfato di calcio di colore variabile (può essere incolore, bianca, verde, viola) ma la polvere che se ne ricava è in ogni caso bianca. Nell'industria essa viene utilizzata per produrre fertilizzanti.

Ai fosfati appartiene anche il **turchese**, un fosfato contenente rame e alluminio, che si presenta come cristalli microscopici aggregati in masse e noduli di un colore azzurro tipico. I turchesi sono usati come pietre ornamentali di gran pregio.

Simili ai fosfati sono i **borati**, un piccolo

gruppo di minerali che deriva dalla combinazione di uno o più ioni positivi con lo ione borato (BO_3)³⁻. Sono sfruttati per ricavare il boro, un elemento usato nell'in-

dustria chimica, farmaceutica e dei cosmetici.

► LEGGI L'IMMAGINE

Come si forma il borace?



Varietà limpida dell'**apatite**.



Il **borace** (borato di sodio) si forma per precipitazione lungo le rive dei laghi salati.

Guida allo studio

ELEMENTI NATIVI

composizione → un singolo elemento
per esempio → diamante

SOLFURI

composizione → zolfo + elementi metallici
per esempio → argentite

SOLFATI

composizione → zolfo e ossigeno + altri elementi
per esempio → gesso

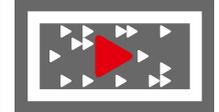
ALOGENURI

composizione → composti con cloro/fluoro/iodio/bromo
per esempio → salgemma

FOSFATI

composizione → fosforo e ossigeno + elementi metallici
per esempio → apatite

1. **LAVORA CON LA MAPPA** Rintraccia nel testo un impiego per ciascun gruppo di minerali.
2. Qual è la caratteristica degli elementi nativi?
3. Che differenza c'è tra solfuri e solfati dal punto di vista chimico?
4. Come si chiamano il bromo, il cloro, il fluoro e lo iodio come insieme di elementi?
5. Da che cosa è costituito lo ione fosfato?



Una **roccia** è un *aggregato naturale di diversi minerali* – talvolta anche di sostanze non cristalline e solitamente compatto – che forma una massa ben individuabile, distinta da altre masse analoghe.

La composizione di una roccia dipende essenzialmente dai processi con i quali si è formata. In base a questi processi, le rocce

possono essere classificate in **tre gruppi**:

- rocce magmatiche,
- rocce sedimentarie,
- rocce metamorfiche.

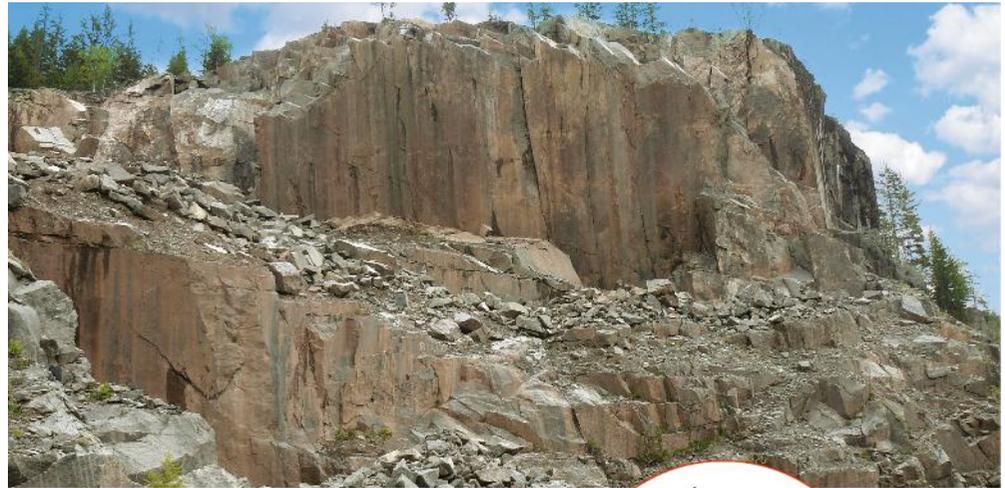
1 Lo studio delle rocce

Le rocce sono in prevalenza eterogenee, cioè sono costituite da più specie di minerali diversi. Talvolta si incontrano rocce omogenee, che sono formate da un unico minerale, come un ammasso di calcare o di gesso o di salgemma. Se si esaminano su grande scala, però, anche le rocce omogenee contengono, diffuse, masserelle o tracce di altri minerali, che tolgono alla roccia quella uniformità chimica che di norma caratterizza un minerale.

Lo studio di una roccia comincia sul terreno, con la semplice osservazione di alcune caratteristiche macroscopiche: l'aspetto omogeneo o l'alternanza di livelli diversi, la presenza o assenza di stratificazione, il colore, la durezza, la presenza di minerali particolari o di fossili, i rapporti con le rocce circostanti.

Per identificare in modo più preciso una roccia è necessario però determinare anche il tipo e le quantità relative dei minerali che la costituiscono e studiare la forma e la dimensione dei suoi granuli minerali (una roccia ne può contenere generalmente più di un tipo).

Le dimensioni dei cristalli in una roccia dipendono dalle condizioni chimico-fisiche in cui essi crescono. Per le rocce formate da granuli molto piccoli è necessario ricorrere a osservazioni al microscopio o prove ai raggi X.



► LEGGI L'IMMAGINE

Per osservare un campione di roccia al microscopio occorre tagliarne una

2 La classificazione delle rocce

Il fattore che incide maggiormente sulla **composizione mineralogica** di una roccia (il tipo e la quantità relativa dei minerali in essa presenti), nonché sulle dimensioni e forma dei cristalli o dei granuli che la costituiscono, è la sua **origine geologica**.

In base all'origine le rocce possono essere suddivise in tre gruppi.

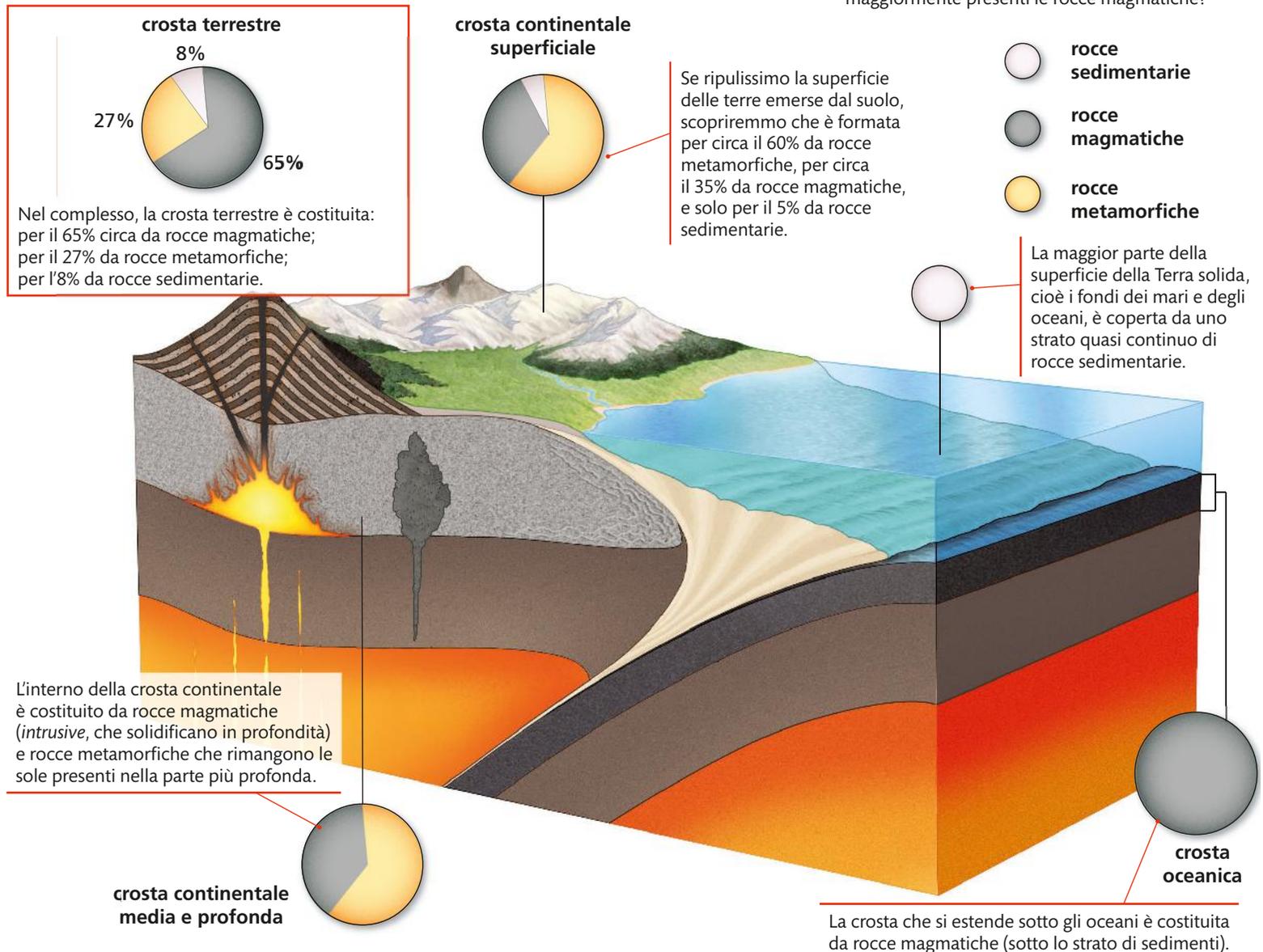
1. Le **rocce magmatiche** si formano dalla solidificazione di magma.
2. Le **rocce sedimentarie** si formano per *deposito* e *litificazione* di sedimenti derivati dalla disgregazione di rocce preesistenti, dalla precipitazione chimica o da materiali di origine organica (per esempio, coralli).
3. Le **rocce metamorfiche** si formano a partire da qualunque tipo di roccia pre-esistente che sprofondi, a causa del-

le forti pressioni e del calore elevato che si incontrano all'interno della Terra.

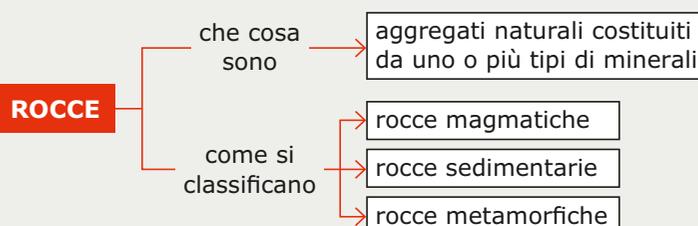
La classificazione delle rocce costituisce un potente strumento di indagine, che permette di ricavare informazioni sull'ambiente in cui la roccia si è formata e sul tempo trascorso da quando si è formata.

► LEGGI L'IMMAGINE

In quale parte della crosta terrestre sono maggiormente presenti le rocce magmatiche?



Guida allo studio

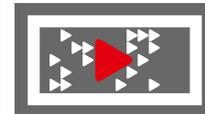


1. **LAVORA CON LA MAPPA** Evidenzia nella mappa i tre tipi di rocce. Poi sottolinea nel testo i passaggi nei quali si spiega come si formano.
2. **LAVORA CON IL VIDEO** Quali operazioni vengono fatte sulle rocce per studiarle in laboratorio?

6

Il ciclo litogenetico

GUARDA!



Video

Tutte le rocce sono legate in un «percorso» ciclico, formato da tre processi che regolano la loro formazione:

- il processo magmatico,
- il processo sedimentario,
- il processo metamorfico.

A causa degli agenti esogeni (come gli agenti atmosferici) e dei continui movimenti della crosta, le rocce subiscono modificazioni dovute all'azione di questi processi, a volte combinati, e cambiano natura.

1 Il ciclo delle rocce

I processi magmatico, sedimentario e metamorfico rappresentano diversi stadi successivi del **ciclo litogenetico**.

Un primo stadio comprende l'intero **processo magmatico**, con l'intrusione e l'effusione di materiali fusi in risalita nella crosta. Uno stadio successivo si individua nel **processo sedimentario**, che conduce all'accumulo di sedimenti. Il trasferimento di rocce in profondità e il loro coinvol-

gimento nei movimenti della crosta porta poi a un terzo stadio – quello del **processo metamorfico** – che, attraverso i fenomeni di fusione (anatessi), ci porta nuovamente al processo magmatico.

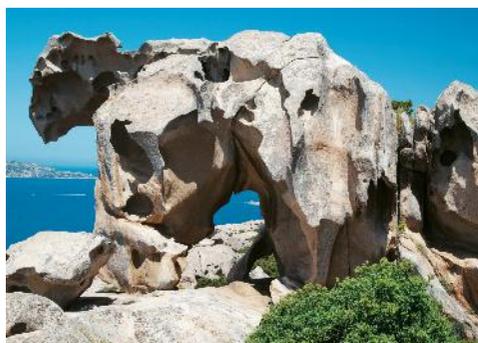
Nei rapporti tra i processi magmatico, sedimentario e metamorfico intervengono numerosi elementi di complicazione.

Per esempio, una roccia intrusiva o effusiva può venire metamorfosata senza pri-

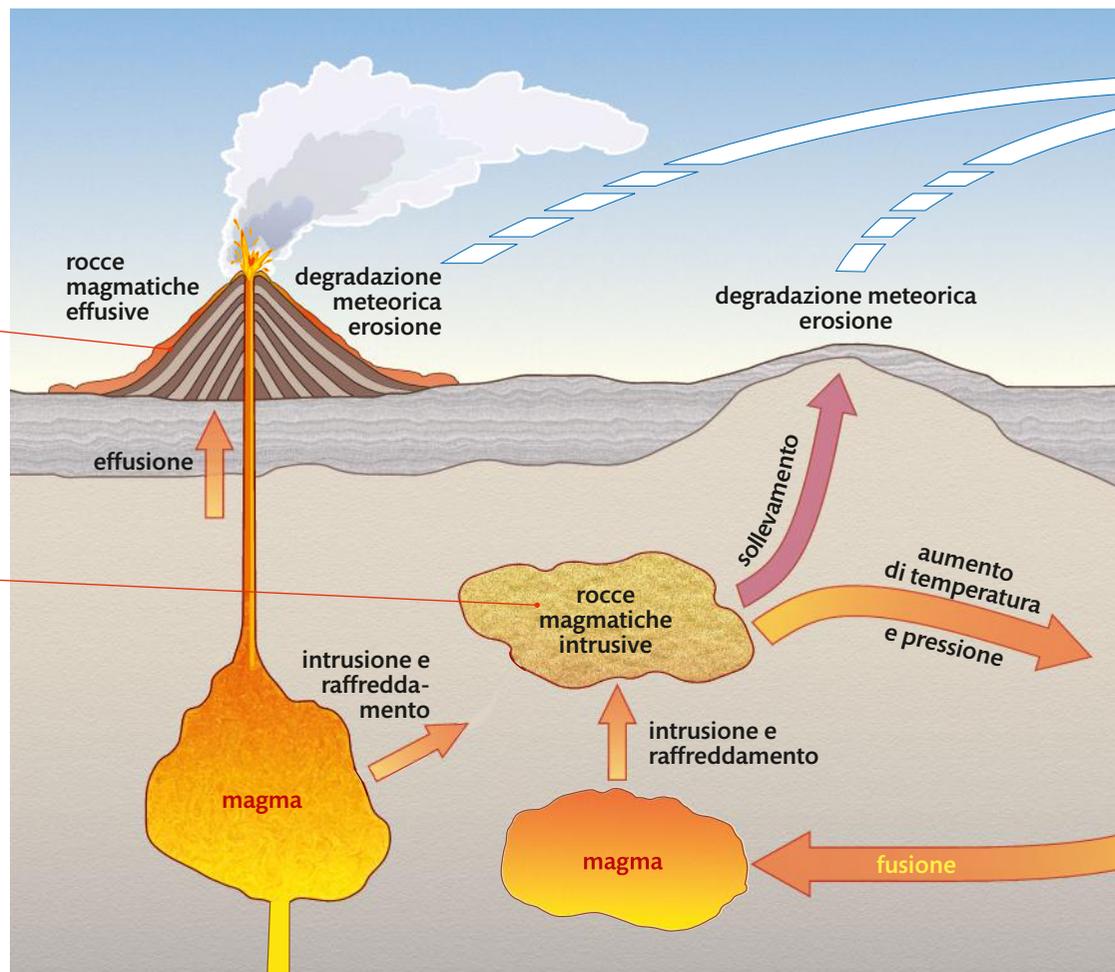
ma essere demolita dal processo sedimentario; una roccia sedimentaria può venire esposta in superficie subito dopo la sua formazione; una roccia metamorfica può venire sollevata ed esposta in superficie, senza prima subire alcun fenomeno di rifusione.

Inoltre il ciclo non è perfettamente chiuso, come è messo in evidenza da quanto accade al magma basaltico primario che

Il basalto è una **roccia magmatica effusiva**. Nella cosiddetta Giant's Causeway, in Irlanda, durante il raffreddamento il basalto, fessurandosi per contrazione, ha preso una struttura **colonnare**, con pilastri poligonali.



Il granito è una **roccia magmatica intrusiva** formata da tanti cristalli visibili a occhio nudo. I graniti di Capo Orso, in Sardegna, sono stati modellati dagli agenti atmosferici.



Guida allo studio

CICLO LITOGENETICO

consiste in →

continue trasformazioni delle rocce nel tempo, attraverso i tre processi litogenetici

processo magmatico

processo sedimentario

processo metamorfico

- LAVORA CON LA MAPPA** Evidenzia nella mappa i tre processi che regolano il ciclo litogenetico. Poi sottolinea nel testo i passaggi nei quali si spiega come agiscono.
- Qual è la differenza tra le rocce magmatiche intrusive e quelle effusive?
- Quale processo trasforma una roccia metamorfica in magma?
- LAVORA CON IL VIDEO** Quali condizioni permettono di distinguere i due ambienti nei quali si svolge il ciclo litogenetico?

risale dal mantello ed entra direttamente nel ciclo.

Sebbene gran parte delle rocce originate da tale magma ritorni per fusione nel mantello, una parte resta all'interno della crosta continentale.

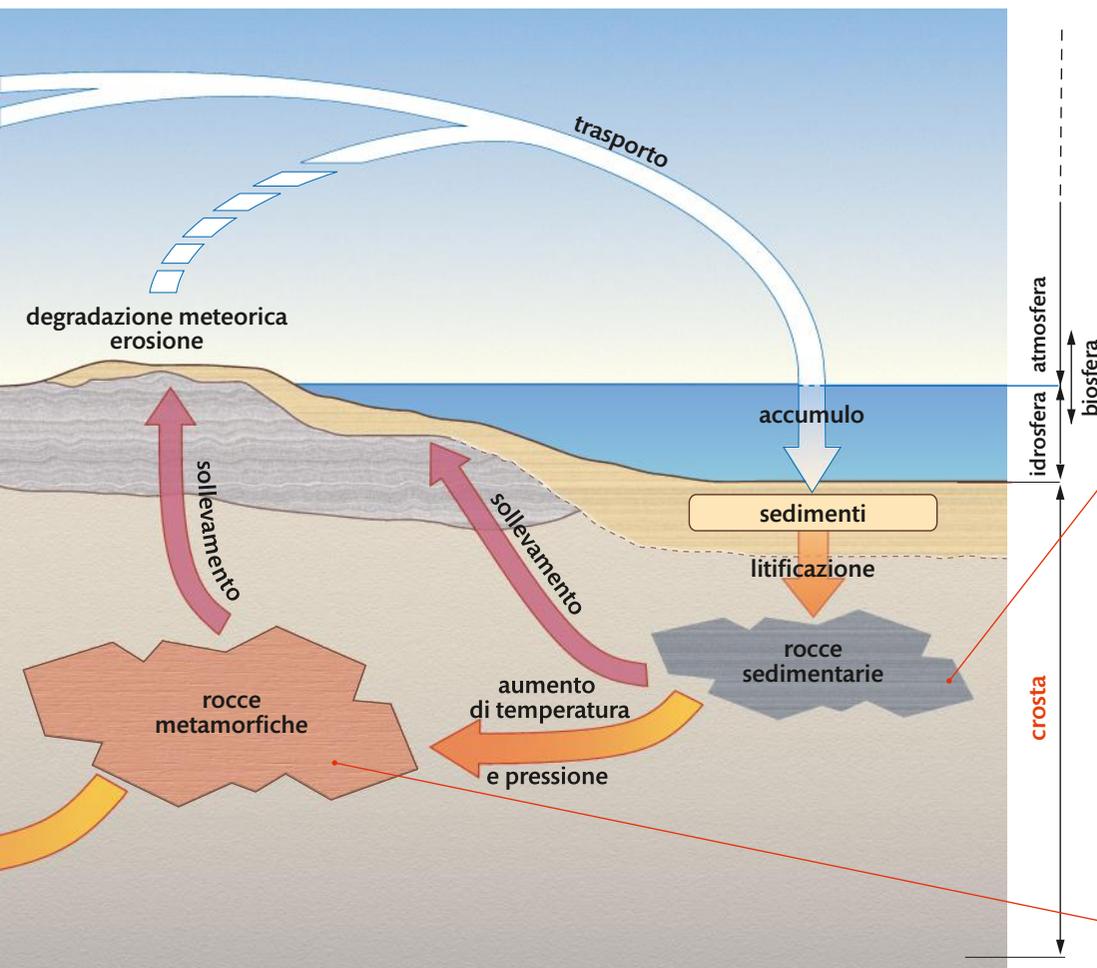
Il ciclo non è chiuso nemmeno nei confronti di perdite verso l'esterno: l'idrosfera e l'atmosfera, infatti, si sono accumulate e continuano a farlo grazie ai processi vul-

canici, anche se, nei processi di alterazione in superficie, l'idrosfera e l'atmosfera «cedono» alla litosfera acqua e anidride carbonica.

Il ciclo litogenetico rappresenta solo un aspetto dei meccanismi attraverso cui il nostro pianeta si è trasformato e si trasforma: incontreremo cicli di portata ancora maggiore, nei quali il ciclo litogenetico è solo una delle componenti.

► **LEGGI L'IMMAGINE**

Illustra le possibili tappe attraverso le quali una roccia effusiva viene trasformata in una roccia metamorfica.



L'arenaria è una **roccia sedimentaria**. Anche dall'accumulo di conchiglie e gusci di vari animali possono formarsi rocce sedimentarie.



Il marmo è un esempio di **roccia metamorfica**. Il colore chiaro e la trasparenza del marmo di Carrara indicano che i calcàri, dalla cui metamorfosi derivano queste rocce, erano molto puri.

7

Le rocce magmatiche

I **magmi** sono masse di rocce fuse che si formano a profondità variabili tra 15 e 100 km entro la crosta terrestre o nella parte superiore del mantello (lo strato che si trova subito sotto la crosta).

Un magma è una complessa miscela di silicati e gas. Quando si raffredda inizia un processo di cristallizzazione: gli atomi degli elementi in esso presenti si dispongono in posizioni fisse nei *reticoli cristallini*, non sono più liberi di muoversi e si forma una

sostanza solida. Dalla massa fusa si separano così i minerali, dalla cui aggregazione finale risulteranno le rocce, dette **magmatiche** (o *igne*).

Le rocce magmatiche si possono distinguere in due gruppi in base alle condizioni nelle quali il magma si è solidificato, mentre vengono classificate in diversi tipi in base alla composizione chimica.

1 Rocce magmatiche intrusive ed effusive

Le rocce magmatiche formano due gruppi.

1. Le rocce magmatiche intrusive si formano quando la massa fusa solidifica e cristallizza in profondità. All'interno della crosta i magmi si raffreddano lentamente, dato che le rocce che circondano la massa fusa impediscono la rapida dispersione del calore e possono avere temperature vicine a quelle del magma. In queste condizioni i cristalli che si formano hanno il tempo sufficiente per crescere anche fino a qualche millimetro prima che l'intera roccia cristallizzi. Perciò le rocce magmatiche intrusive sono formate da un mosaico di cristalli visibili a occhio nudo.

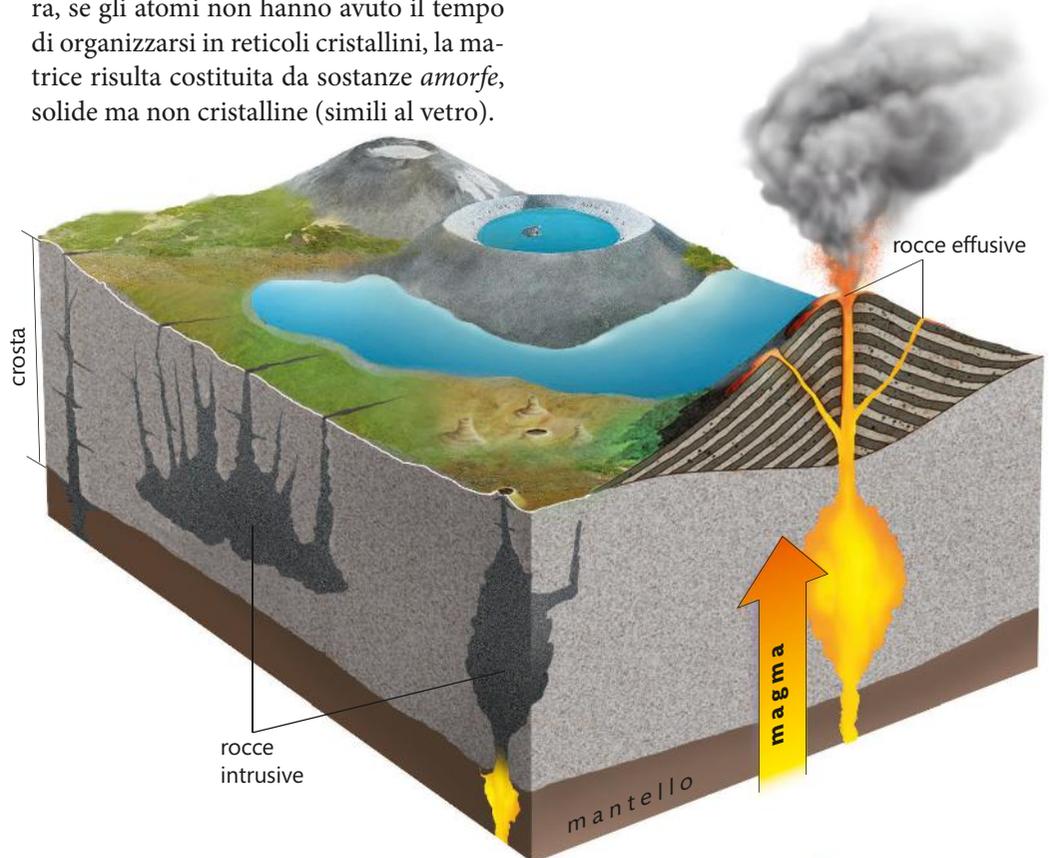
Gli ammassi rocciosi intrusivi, anche giganteschi, sono detti **batoliti** e possono rimanere immobili in profondità per tempi lunghissimi. In alcuni casi, queste rocce possono essere spinte dai movimenti della crosta terrestre e giungere in superficie.

2. Le rocce magmatiche effusive si formano invece quando il magma solidifica in superficie. In questo caso la sua temperatura passa da circa 1000 °C a quella ambiente in maniera più rapida e i singoli cristalli non hanno il tempo di crescere. Soltanto una piccola parte della massa magmatica riesce a formare cristalli di dimensioni apprezzabili (almeno qualche millimetro), durante la risalita. Perciò nelle rocce magmatiche effusive si riconoscono cristalli di alcuni minerali di dimensioni visibili (*fenocristalli*), sparsi in una *pasta di fondo* (detta *matrice*) prodotta dal rapido raffreddamento finale in superficie e formata da innumerevoli cristalli di picco-

le dimensioni (*microcristalli*, visibili solo al microscopio). In alcuni casi, addirittura, se gli atomi non hanno avuto il tempo di organizzarsi in reticoli cristallini, la matrice risulta costituita da sostanze *amorfe*, solide ma non cristalline (simili al vetro).

► LEGGI L'IMMAGINE

Che differenza c'è fra ossidiana e pomice?



Il **granito** è una roccia magmatica intrusiva: sono riconoscibili a occhio nudo i cristalli di vari minerali.



L'**ossidiana** è una roccia magmatica effusiva di tipo amorfo (vetrosa).



La **pomice** è una roccia magmatica effusiva di tipo amorfo: ha una struttura vetrosa ricca di cavità (formate da bolle di gas sfuggiti), che la rendono molto leggera.

2 Classificazione delle rocce magmatiche

I magmi non possiedono tutti la medesima **composizione chimica**, per cui la cristallizzazione può portare a rocce differenti. La distinzione tra i vari tipi di magmi si basa sul loro contenuto in **silice** (SiO₂).

▪ I magmi ricchi in Si (silicio) e Al (alluminio) danno origine a rocce con densità intorno a 2,7 g/cm³, in cui, in totale, la silice arriva a oltre il 65% in peso. Tali rocce sono dette **sialiche** (dalle iniziali di silicio e alluminio).

A questo gruppo di rocce appartiene la famiglia dei **graniti**: di gran lunga il tipo più diffuso tra tutte le rocce ignee intrusive. Le corrispondenti rocce magmatiche effusive sono le **rioliti**.

▪ I magmi con composizione intermedia (dal 52 al 65% in peso di silice) danno origine a rocce la cui densità è superiore a quella delle rocce sialiche; sono dette rocce **intermedie**.

A questo gruppo di rocce appartiene la famiglia delle **dioriti**, i cui corrispondenti effusivi sono le **andesiti**.

▪ I magmi che hanno una quantità bassa di silice (dal 45 al 52%) ma sono relativamente ricchi in Fe (ferro), Mg (magnesio) e Ca (calcio) danno origine a rocce con densità prossima a 3 g/cm³. Tali rocce, in genere scure (dal verde al grigio scuro e al nero), sono dette **femiche** (da **ferro** e **magnesio**).

Appartiene a questo gruppo di rocce la famiglia dei **gabbri**. Le corrispondenti rocce effusive sono i **basalti**, il tipo più diffuso

tra tutte le rocce effusive, che formano, tra l'altro, il «pavimento» di tutti gli oceani.

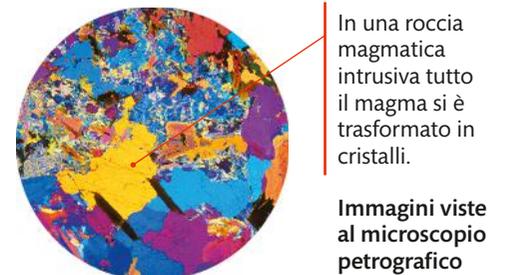
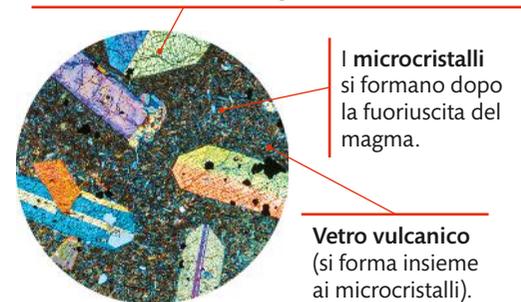
▪ I magmi la cui percentuale di silice è inferiore al 45% danno origine a rocce, dette **ultrafemiche**, che sono di colore molto scuro, hanno densità elevata e sono formate essenzialmente da silicati di Fe e Mg. Le più note sono le **peridotiti**, spesso interessate da giacimenti minerali di alto valore.

▪ I magmi particolarmente ricchi di elementi alcalini – Na (sodio) e K (potassio) – originano le rocce **alcaline** alle quali appartengono rocce dal contenuto di silice intermedio (come le **sieniti**) o basso (**leucititi**).

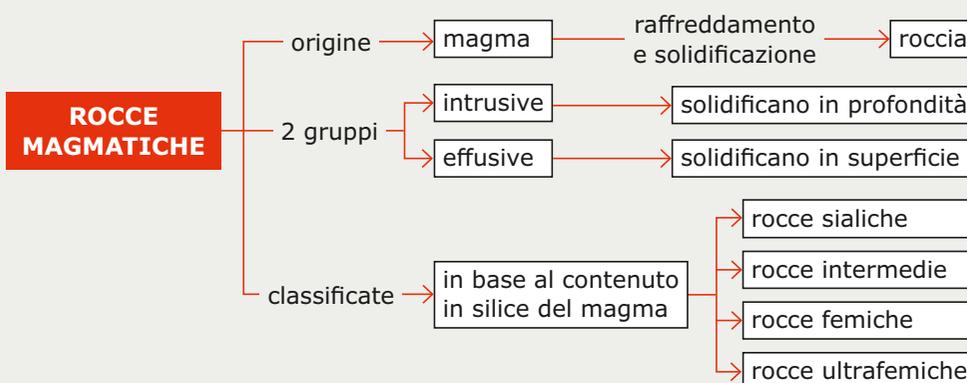
▶ LEGGI L'IMMAGINE

Scrivi accanto ai nomi delle rocce i nomi delle famiglie a cui appartengono.

In una roccia magmatica effusiva i **fenocristalli** si formano mentre il magma risale.



Guida allo studio



- LAVORA CON LA MAPPA** Aggiungi nella mappa la percentuale di silice che caratterizza ciascun gruppo di rocce magmatiche.
- Fai un esempio di roccia magmatica intrusiva e di roccia magmatica effusiva.
- Che cosa sono le rocce sialiche?
- Quali sono le rocce magmatiche intrusive corrispondenti per composizione ai basalti?



La superficie della Terra solida è composta da uno strato quasi continuo di **rocce sedimentarie**, in grandi spessori o sottili veli. Le rocce sedimentarie, al contrario delle altre rocce la cui formazione avviene soprattutto in profondità, si originano attraverso processi che si svolgono nella parte più superficiale della crosta terrestre.

Il termine **sedimentazione** indica la deposizione e l'accumulo di materiali di origine inorganica od organica, in genere trasportati dagli *agenti esogeni*: acque, venti, ghiacciai.

Lo studio delle rocce sedimentarie ha una grande utilità pratica; infatti, è soprattutto in associazione con queste rocce che si trovano depositi di petrolio, gas naturale e carbone fossile.

1 Il processo sedimentario

La *sedimentazione*, cioè la deposizione, in strati sovrapposti, di vari tipi di materiali, è un processo che avviene quotidianamente in diverse aree:

- sul fondo delle valli (*depositi fluviali*),
- ai piedi delle montagne (*detriti di falda*),
- nel deserto (*sabbia eolica*),
- sul fondo dei laghi (*fanghi argillosi*) o delle paludi (*torba*),
- in riva al mare (*depositi sabbiosi o ciottolosi*),
- in pieno oceano (*argille e calcàri*).

In ambiente marino o lacustre non di rado si formano depositi di gusci o scheletri di organismi.

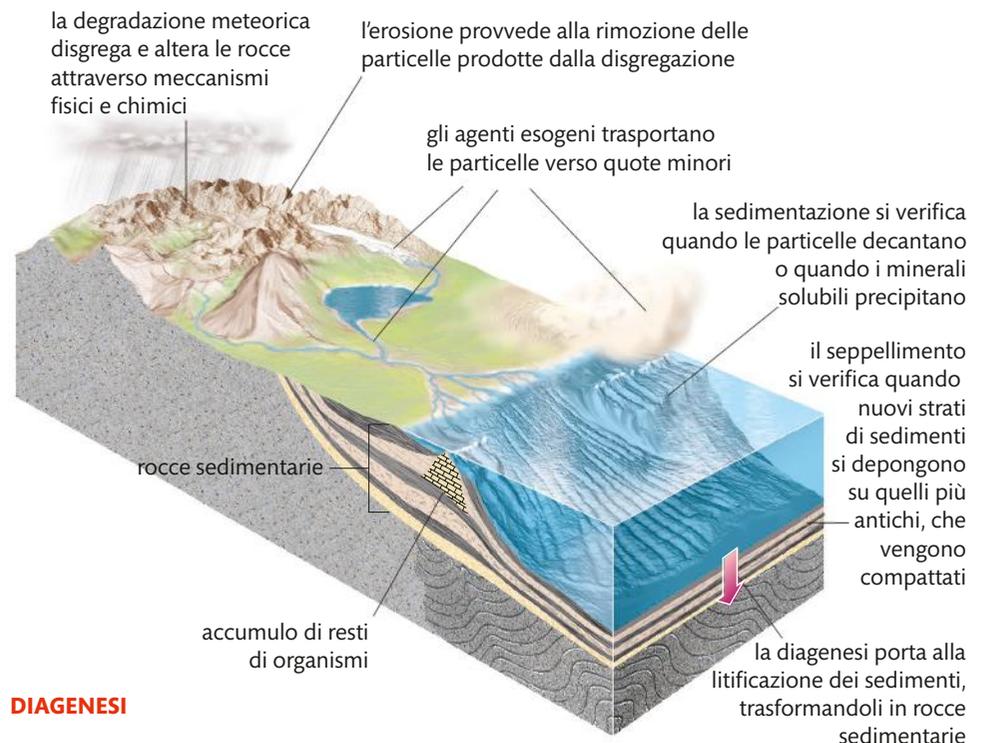
Il lento passaggio da **sedimenti**, formati da frammenti distinti, a rocce sedimentarie vere e proprie avviene per un insieme di fenomeni detto **diagenesi**.

Tra questi fenomeni, il più comune è la *litificazione* che avviene per *compattazione*, dovuta al peso dei materiali che via via si sovrappongono, e *cementazione*, prodotta da acque che circolano nei sedimenti, sfruttando la presenza di pori, e che portano in soluzione alcune sostanze che si depositano nei pori.

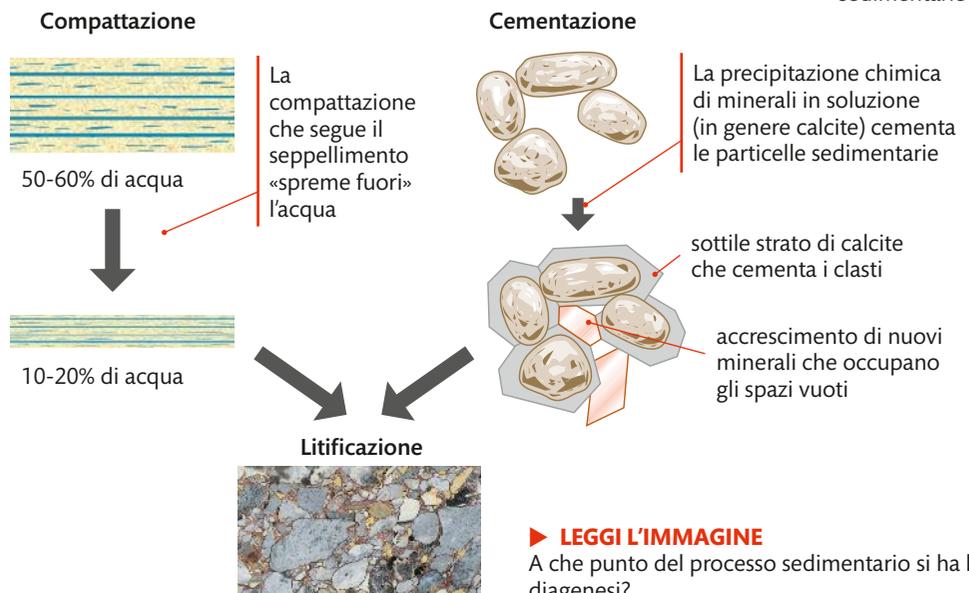
Entrambi i processi richiedono tempi lunghissimi: dell'ordine di centinaia di migliaia d'anni.

Esiste una stretta relazione tra il tipo di ambiente in cui avviene la sedimentazione (marino, fluviale, lacustre ecc.) e il tipo di roccia che può originarsi; di conseguenza, le rocce sedimentarie ci fanno capire quali fossero le condizioni che esistevano sulla superficie terrestre al momento della deposizione dei materiali da cui hanno preso origine.

FASI DEL PROCESSO SEDIMENTARIO



DIAGENESI



2 Classificazione delle rocce sedimentarie

Le rocce sedimentarie vengono divise in tre gruppi – *clastiche*, *organogene* e *chimiche* – a seconda del processo mediante il quale si sono formate.

1. Le **rocce clastiche** sono dovute alla litificazione di frammenti (*clasti*) provenienti dalla disgregazione di altre rocce. Si classificano in base alla *dimensione* delle particelle che le compongono:

- dalla cementazione delle *ghiaie* si formano i *conglomerati*, costituiti da ciottoli il cui diametro supera i 2 mm;
 - dalle *sabbie* si formano le *arenarie*, i cui clasti hanno un diametro compreso tra 2 e 0,06 mm;
 - dalle *argille* si formano le *argilliti*, con clasti di diametro inferiore a 0,06 mm.
- Le rocce clastiche comprendono anche le

marne, rocce che derivano da una mescolanza di argille e di calcare, e le *piroclastiti*, depositi di materiali emessi da esplosioni vulcaniche.

2. Le **rocce organogene** derivano dall'accumularsi di resti di organismi: gusci e scheletri di animali, ammassi di organismi costruttori (come i coralli), resti di vegetali.

Esse vengono distinte sulla base della loro natura chimica prevalente.

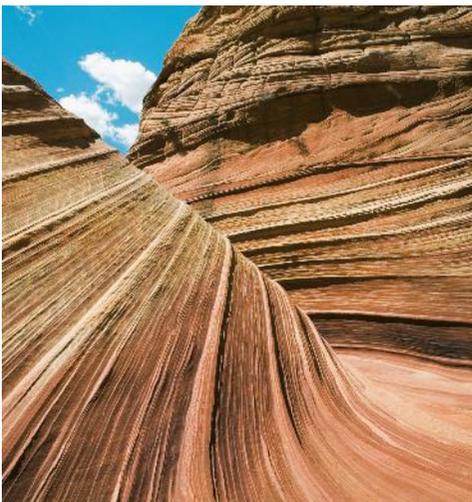
- Le *rocce carbonatiche* comprendono i *calcari organogeni*, che derivano dall'accumulo di gusci di organismi marini, costituiti da carbonato di calcio (CaCO_3).
- Le *rocce organogene silicee* derivano dall'accumulo di gusci costituiti da silice (SiO_2); la roccia più diffusa è la *selce*.
- I *depositi organici* comprendono *carburi fossili*, derivanti dalla fossilizzazione di grandi masse vegetali sepolte, e *idro-*

carburi, derivanti dalla decomposizione di microrganismi vegetali e animali accumulati su fondali marini.

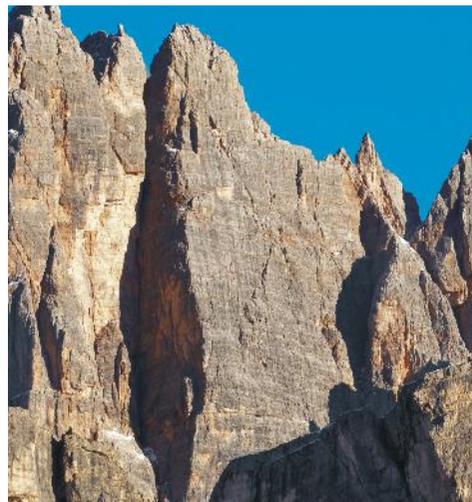
3. Le **rocce chimiche** si formano in seguito a processi come la *precipitazione* di sostanze sciolte nell'acqua. Se un bacino marino rimane isolato, l'evaporazione fa aumentare la concentrazione di sali che cristallizzano sul fondo, come calcite, gesso e salgemma. Questi depositi si chiamano *evaporiti*. Le stalattiti e le stalagmiti sono invece *concrezioni di calcare* che si depositano in seguito al percolamento di acqua satura di carbonato di calcio nelle grotte. Altri sedimenti derivano da alterazione per *dissoluzione* di rocce preesistenti e originano le *rocce residuali*, come le bauxiti.

► LEGGI L'IMMAGINE

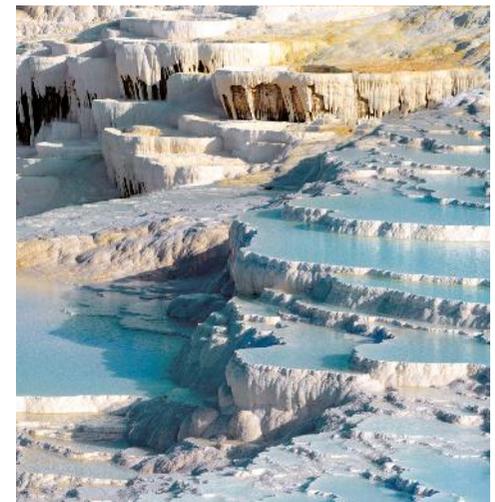
A quali gruppi di rocce appartengono le rocce raffigurate nelle 3 fotografie?



Le **arenarie** sono sabbie cementate che possono essere ricche di granuli di quarzo o di altra natura e hanno colore molto variabile.

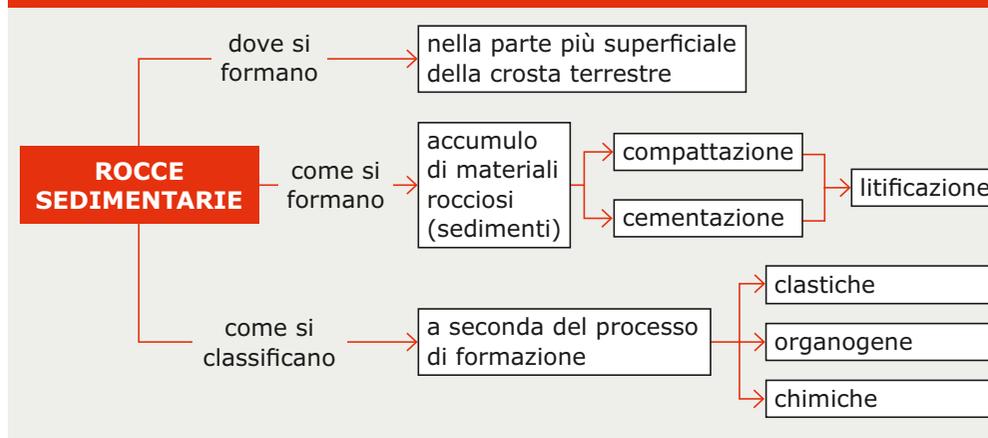


Le **dolomie** sono rocce carbonatiche formate dal minerale *dolomite*, carbonato doppio di calcio e magnesio ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$).



Il **travertino** è un *calcare* che deriva dalla deposizione chimica di calcite da acque fluviali o di sorgente, in seguito a evaporazione.

Guida allo studio



1. **LAVORA CON LA MAPPA** Evidenzia nel testo la definizione e due esempi per ciascun tipo di rocce sedimentarie.
2. Individua nel testo le fasi della litificazione e per ciascuna di esse evidenzia una causa.
3. Tra un'arenaria, un conglomerato e un'argillite quale roccia ha dimensioni delle particelle maggiori?
4. **LAVORA CON IL VIDEO** Fai almeno tre esempi di sedimenti.

9

Le rocce metamorfiche

Qualsiasi genere di roccia, quando viene sottoposta a temperature elevate o a forti pressioni – o anche a entrambe – pur rimanendo allo stato solido può subire dei cambiamenti nella *composizione mineralogica* (cioè nel tipo di minerali dai quali è

costituita) e nella *struttura* (cioè nella disposizione dei minerali al suo interno).

Questo processo di trasformazione è detto **metamorfismo** e ne derivano le **rocce metamorfiche**.

1 Il processo metamorfico

Il **metamorfismo** riguarda rocce che, per i continui movimenti della crosta terrestre, vengono trasportate a profondità in cui il calore interno della Terra e il peso delle rocce sovrastanti determinano elevate temperature e pressioni.

Questi processi avvengono all'interno della crosta terrestre, già a partire da una profondità di alcuni chilometri, dove le pressioni aumentano e le temperature diventano elevate, ma non a tal punto da provocare la fusione delle rocce.

Distinguiamo due tipi di metamorfismo.

1. Il **metamorfismo di contatto** è un fenomeno localizzato: si osserva quando una massa di magma incandescente risale attraverso la crosta, oppure si ferma

all'interno di questa, provocando un forte aumento di temperatura nelle rocce con cui viene a contatto. Attorno alla massa di magma le rocce subiscono delle modificazioni nella composizione dei minerali. Lo spessore di rocce interessate dal metamorfismo varia da qualche centimetro al chilometro, a seconda delle dimensioni della massa di magma e del tipo di rocce. Inoltre, più si è vicini alla massa incandescente, più le trasformazioni sono intense.

2. Il **metamorfismo regionale** riguarda porzioni molto estese della crosta terrestre. Si può verificare scendendo in profondità, dove le *pressioni di carico* (dovute al peso delle rocce soprastanti) e le temperature sono sempre più elevate. A 15 km di profondità, per esempio, la pressione è cir-

ca 4000 volte superiore a quella esistente sulla superficie terrestre. Ma si può verificare anche quando movimenti nella crosta terrestre provocano delle *pressioni orientate* sulle rocce interposte tra diversi blocchi di crosta.

Il metamorfismo di contatto trasforma un calcare, dai cristalli minuscoli, in **marmo** (nella foto), con cristalli di dimensioni maggiori, spesso ben visibili a occhio nudo.



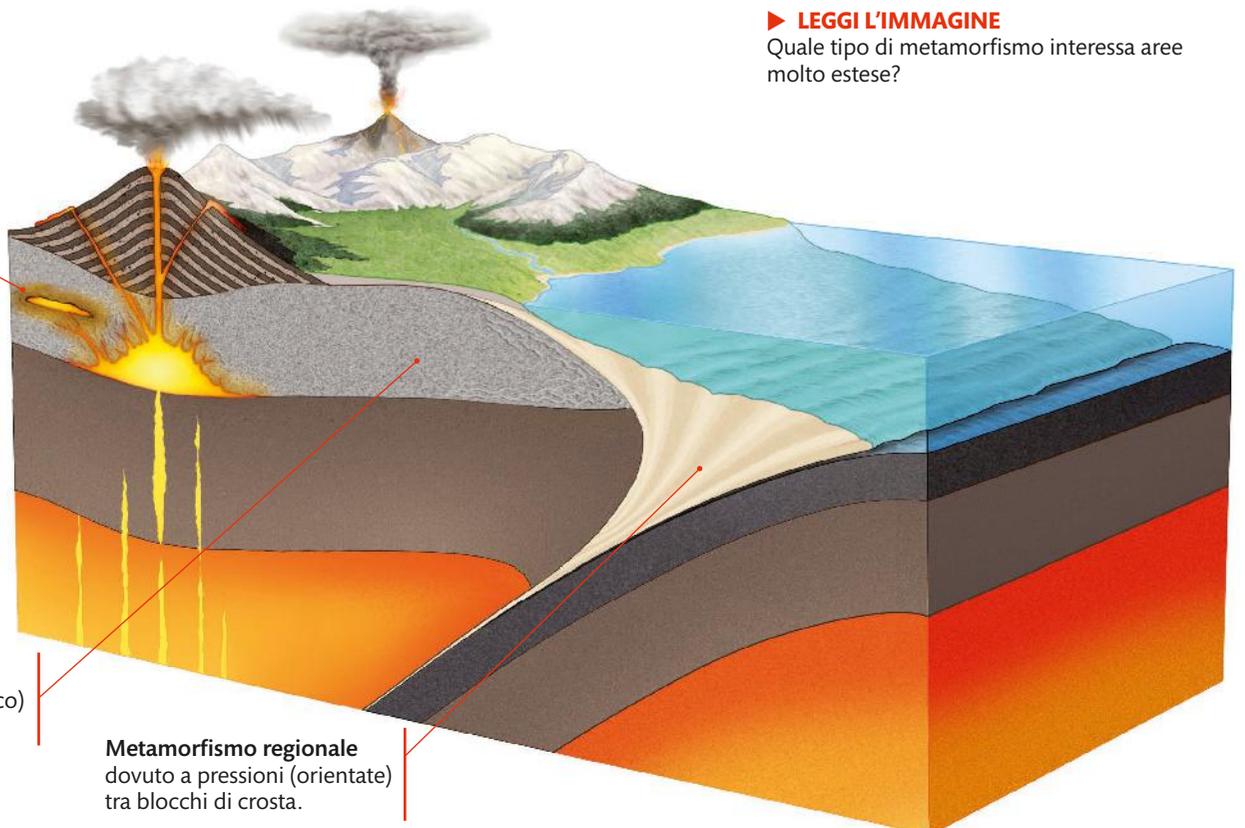
► LEGGI L'IMMAGINE

Quale tipo di metamorfismo interessa aree molto estese?

Metamorfismo di contatto dovuto a intrusioni del magma.

Metamorfismo regionale dovuto a pressioni (di carico) in profondità.

Metamorfismo regionale dovuto a pressioni (orientate) tra blocchi di crosta.



2 Classificazione delle rocce da metamorfismo regionale

Quando vengono sottoposte a metamorfismo, le rocce subiscono una serie di trasformazioni chimiche e fisiche che portano alla comparsa di nuove associazioni mineralogiche; per questo motivo, si può parlare di una roccia nuova che sostituisce quella preesistente.

A seconda delle pressioni e delle temperature raggiunte, il metamorfismo è definito di *grado basso, medio o alto*.

Quando prevale l'azione di *forti pressioni* rispetto a quella della temperatura (a profondità relativamente piccole), si formano di preferenza minerali lamellari (come le miche), orientati tutti perpendicolarmente alla direzione della pressione. Le rocce che ne derivano presentano una tipica **scistosità**, ovvero la proprietà di suddividersi facilmente in lastre.

Con l'aumentare della profondità e della *temperatura*, la formazione di minerali lamellari diventa più difficile e prevalgono minerali con cristalli di dimensioni maggiori; si perde così la scistosità e si formano **rocce più massicce**, anche se ancora facilmente divisibili in grosse lastre.

Le caratteristiche della roccia metamorfica dipendono anche dalla composizione della roccia originaria. Si formano differenti tipi di rocce metamorfiche:

- in uno stesso stadio di metamorfismo, da rocce di partenza che hanno composizione diversa;
- in stadi di metamorfismo diversi, da rocce di partenza che hanno la stessa composizione.

Vediamo quali sono i più comuni gruppi di rocce metamorfiche.

La famiglia delle **filladi** deriva da metamorfismo di basso grado di rocce argil-

lose. Sono formate da minuti cristalli di quarzo e mica e la scistosità è molto accentuata, tanto da provocare lo sfaldamento della roccia in fogli.

I **micascisti**, tra le rocce metamorfiche più comuni, derivano da metamorfismo regionale di grado da medio ad alto di rocce argillose; presentano sottili letti alternati di cristalli di quarzo e miche, che conferiscono scistosità alla roccia.

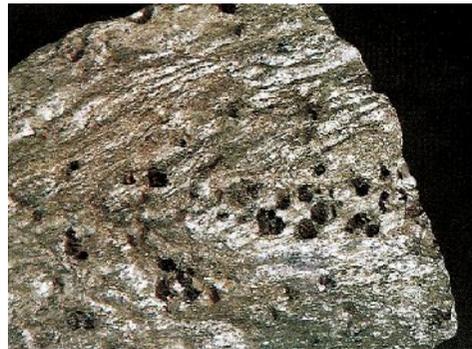
Associati ai micascisti sono frequenti gli **gneiss**: rocce in genere più massicce e di modesta scistosità, che derivano da metamorfismo regionale di grado da medio ad alto; hanno composizione simile a quella dei graniti.

► LEGGI L'IMMAGINE

Quale tra le rocce nelle fotografie tende a dividersi in lastre su piani paralleli?



Una fillade (metamorfismo di basso grado).



Un micascisto (metamorfismo di medio grado).



Uno gneiss (metamorfismo di alto grado).

Guida allo studio



1. **LAVORA CON LA MAPPA** Evidenzia nel testo le cause del metamorfismo di contatto e di quello regionale. Poi indica un esempio per ciascuno dei tre gruppi principali di rocce da metamorfismo regionale.
2. Individua nel disegno quali sono i punti in cui prevale l'effetto di forti pressioni o di alte temperature.

3. Che relazione c'è tra il metamorfismo regionale e la profondità all'interno della crosta terrestre?
4. Quando si formano le rocce metamorfiche più massicce?