

ZANICHELLI

Giuseppe Valitutti

Marco Falasca

Patrizia Amadio

Lineamenti di chimica

ZANICHELLI

Capitolo 20

I minerali

ZANICHELLI

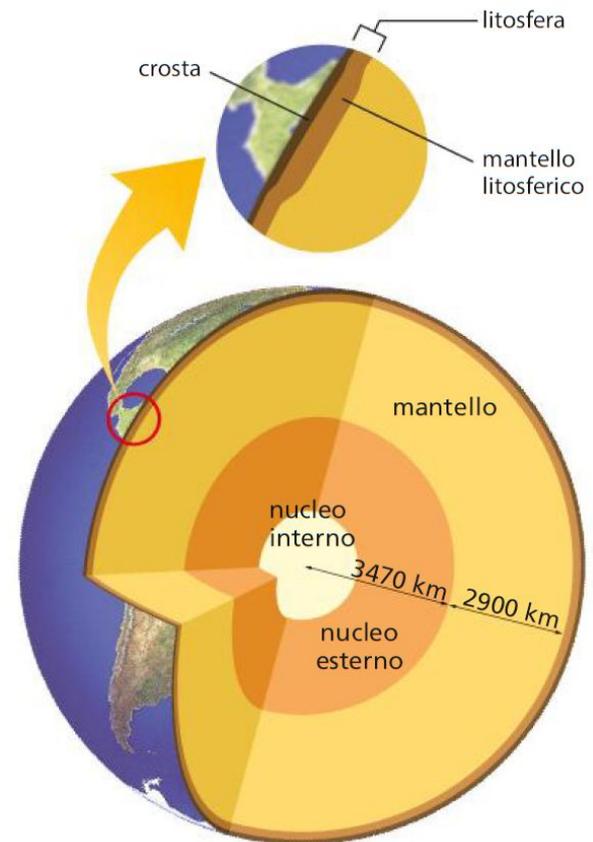
Sommario

1. La struttura geologica della Terra
2. I minerali
3. La struttura interna dei cristalli
4. Le proprietà dei minerali
5. La composizione chimica e la classificazione dei minerali
6. I silicati: i minerali più abbondanti
7. La classificazione dei silicati
8. La genesi dei minerali

La struttura geologica della Terra

La Terra è costituita da tre gusci concentrici:

- **crosta**, strato molto sottile, formata da silicio, ossigeno, pochi metalli
- **mantello**, prevalentemente solido, con maggior percentuale di metalli come ferro e magnesio e minor quantità di silicio e ossigeno
- **nucleo**, fluido nella parte più esterna e solido in quella interna, formato in prevalenza da metalli.



La struttura geologica della Terra

La crosta e la parte più esterna del mantello costituiscono la **litosfera**.

La litosfera è l'unica parte della Terra che può essere studiata direttamente ed è formata da corpi solidi, le **rocce**, cioè aggregati di **minerali**.

Si trasforma continuamente per effetto di:

- **processi endogeni** (terremoti, eruzioni vulcaniche)
- **processi esogeni** (scambi tra atmosfera, idrosfera, biosfera e litosfera).

I minerali

I **minerali** sono corpi naturali, per lo più solidi e inorganici, che presentano una composizione chimica definita e specifiche proprietà fisiche.

Sono considerati minerali solo i solidi formati mediante processi spontanei negli ambienti naturali della Terra, e non i materiali prodotti in laboratorio o sintetizzati nelle cellule dei viventi.



I minerali

Alcuni minerali sono **elementi** puri, altri sono **composti**, più raramente sono **miscele isomorfe**, cioè soluzioni solide di sostanze formate da ioni di carica e dimensioni simili che formano un materiale con struttura e proprietà omogenee.

Ogni minerale si distingue dagli altri per:

- formula mineralogica
- proprietà fisiche e chimiche caratteristiche.

I minerali

Quasi tutti i minerali si presentano come **solidi cristallini**, con struttura interna ordinata e forma esterna poliedrica.

Raramente si osservano minerali allo stato **amorfo**, detti anche *vetri*, con struttura interna disordinata e assenza di una forma esterna geometrica e specifica.

Talvolta la stessa sostanza può dare origine a minerali cristallini o amorfi, a seconda delle condizioni in cui si è solidificata.



La struttura interna dei cristalli

Un **cristallo** è un corpo solido, delimitato esternamente da varie facce. Le facce di un cristallo si intersecano lungo linee, dette spigoli, formando angoli sempre costanti per la stessa sostanza.

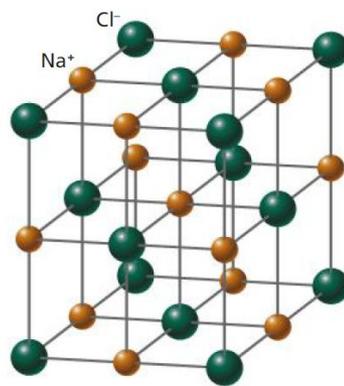
È difficile che un minerale raggiunga la sua forma caratteristica (**abito cristallino**) in modo riconoscibile a occhio nudo. Generalmente, i cristalli sono di dimensioni molto ridotte.

La struttura interna dei cristalli

Nel **reticolo cristallino** si può identificare un'unità interna tridimensionale, detta **cella elementare**, che contiene un numero preciso di particelle e si ripete sempre uguale nelle tre dimensioni dello spazio.

Le celle elementari variano in base a:

- natura geometria dei legami chimici
- tipo e dimensioni delle particelle.



cella elementare



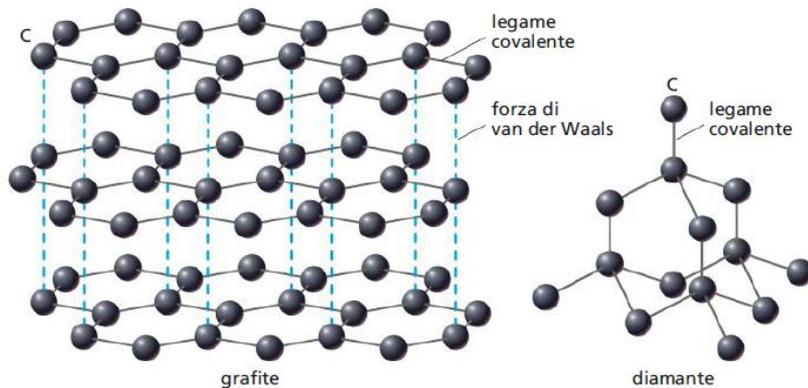
abito cristallino

La struttura interna dei cristalli

Il **polimorfismo** è il fenomeno per il quale minerali con composizione identica presentano celle elementari diverse perché formati da atomi legati con geometrie differenti.



Fasi polimorfe della stessa sostanza hanno uguali proprietà chimiche e differenti proprietà fisiche.



A seconda dell'ambiente di cristallizzazione, il carbonio può dare origine a grafite o diamante.

La struttura interna dei cristalli

L'**isomorfismo** è il fenomeno per il quale sostanze diverse miscelate danno origine a soluzioni solide, perché formano cristalli con celle elementari simili.

Si verifica quando ci sono **ioni vicarianti**, che hanno dimensioni e/o carica simili e possono sostituirsi l'uno con l'altro nella struttura cristallina, senza alterarla.

Le proprietà dei minerali

Le principali **proprietà fisiche** caratteristiche di ogni minerale sono:

- densità
- durezza (scala di Mohs)
- piani di sfaldatura
- frattura
- elasticità
- plasticità
- malleabilità
- duttilità

Piani di sfaldatura di mica e calcite.



Le proprietà dei minerali

La scala di Mohs.

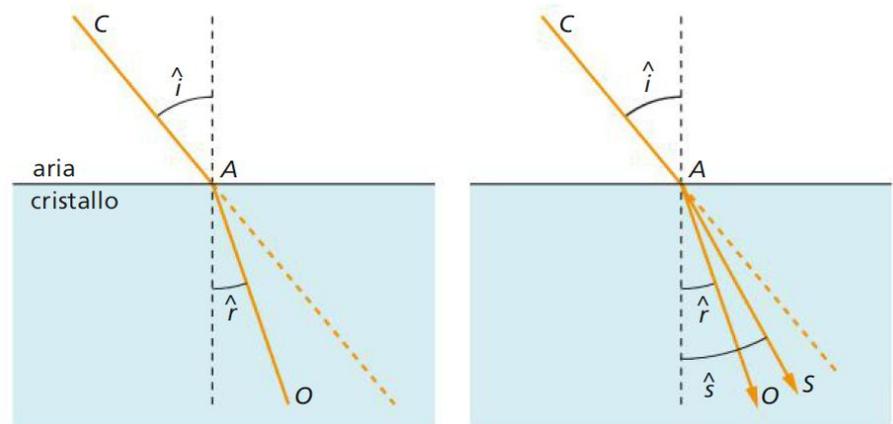
1. talco 2. gesso	teneri: si rigano con un'unghia
3. calcite 4. fluorite 5. apatite	semiduri: si rigano con una punta d'acciaio
6. ortoclasio 7. quarzo 8. topazio 9. corindone 10. diamante	duri: non si rigano con una punta d'acciaio



Le proprietà dei minerali

Le **proprietà ottiche** dei minerali sono:

- colore
- lucentezza
- trasparenza
- fluorescenza
- angolo di rifrazione



Per riconoscere i minerali sono utili anche le **proprietà organolettiche**.

La composizione chimica e la classificazione dei minerali

Pochi degli elementi che si trovano nei minerali hanno una certa rilevanza dal punto di vista quantitativo.

Il 98% della crosta terrestre è costituito solo da 8 elementi:

Elemento	% in massa	% in volume	% in atomi
ossigeno	46,60	93,8	62,55
silicio	27,72	0,9	21,22
alluminio	8,13	0,5	6,47
ferro	5,00	0,4	1,92
calcio	3,63	1,0	1,94
sodio	2,83	1,3	2,64
potassio	2,59	1,8	1,42
magnesio	2,09	0,3	1,84
totale	98,59	100,00	100,00

La composizione chimica e la classificazione dei minerali

In base alla composizione chimica, i minerali si classificano in **8 classi**, ognuna caratterizzata dalla presenza di un determinato anione.

Famiglia	Minerali principali		Composizione chimica
silicati	quarzo		SiO_2
	feldspati	K-feldspati (ortoclasio)	KAlSi_3O_8
		plagioclasii (albite, anortite)	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
	muscovite		$\text{KAl}_2 \cdot (\text{AlSi}_3\text{O}_{10}) \cdot (\text{OH})_2$
	biotite		$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3 \cdot (\text{AlSi}_3\text{O}_{10}) \cdot (\text{OH})_2$
olivina		$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$	
ossidi	ematite		Fe_2O_3
	magnetite		$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
	limonite		$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
	cromite		FeCr_2O_4
	spinello		$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2\text{O}_4$
solfuri	blenda		ZnS
	pirite		FeS_2
	galena		PbS
	cinabro		HgS
solfati	gesso		$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	anidrite		CaSO_4
carbonati	calcite		CaCO_3
	dolomite		$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
alogenuri	salgemma		NaCl
	fluorite		CaF_2
fosfati	apatite		$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$
elementi nativi	oro, rame, argento ecc.		$\text{Au}, \text{Cu}, \text{Ag}$ ecc.

La composizione chimica e la classificazione dei minerali

Ogni classe comprende varie **specie mineralogiche**, ognuna caratterizzata da una precisa *formula chimica* e una *struttura cristallina* definita.

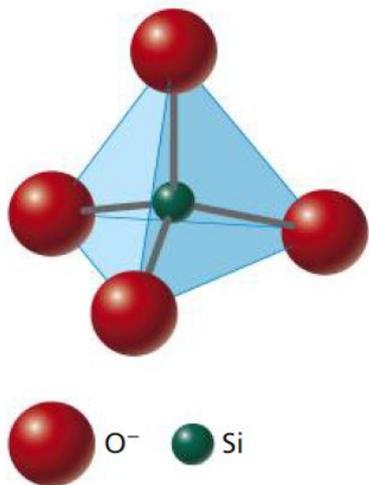
La famiglia degli **elementi nativi**, molto rari, comprende minerali formati da un solo elemento chimico (come oro, carbonio, ferro, nichel, zolfo ecc.).

L'elemento più significativo è il **silicio**.

I silicati: i minerali più abbondanti

I **silicati** sono minerali contenenti silicio, ossigeno e, a parte la silice (SiO_2), uno o più elementi metallici.

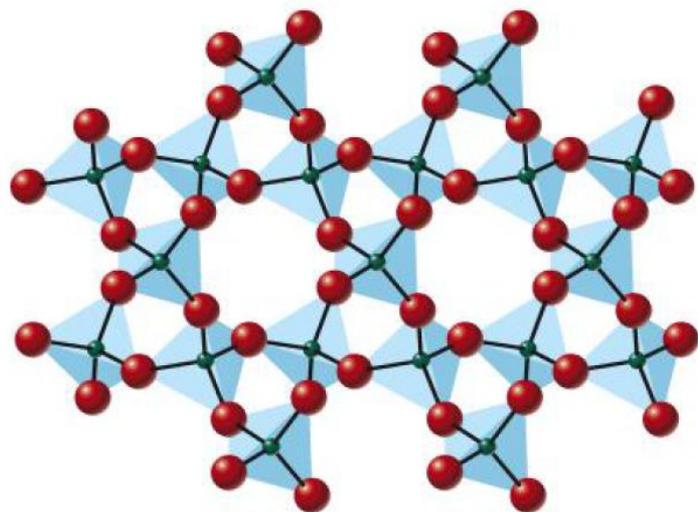
Nel gruppo silicato, quattro atomi di ossigeno sono disposti intorno all'atomo di silicio in modo da formare un **tetraedro**, ciascun atomo di ossigeno può formare ancora un legame.



Più tetraedri possono unirsi:

1. mettendo in comune un atomo di ossigeno
2. con degli ioni positivi metallici che fanno da «ponte» tra gli atomi di ossigeno.

I silicati: i minerali più abbondanti



Nel **quarzo**, forma cristallina della silice (SiO_2), ogni tetraedro condivide i quattro vertici con altri quattro tetraedri.

Negli altri silicati i tetraedri sono organizzati secondo architetture molto varie: in alcuni casi sono uniti solo a ioni metallici, in altri, invece, sono legati in parte a ioni, in parte ad altri tetraedri vicini, con i quali formano **strutture ad anello** o a **catena** o a **piani**.

La classificazione dei silicati

In base a come i tetraedri sono uniti e disposti nello spazio, possiamo distinguere **sei gruppi** di silicati.

	Struttura	Minerali	Formula	Rapporto Si : O
	nesosilicati tetraedri isolati in cui l'ossigeno è condiviso con cationi	olivina	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	1 : 4

I **nesosilicati** sono costituiti da *tetraedri isolati*, tenuti insieme da cationi metallici mediante legame ionico.

Appartengono ai nesosilicati le olivine, i granati e lo zircone.

Il rapporto Si:O è 1:4.



La classificazione dei silicati

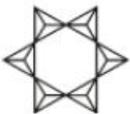
	Struttura	Minerali	Formula	Rapporto Si : O
	sorosilicati coppie di tetraedri in cui viene condiviso 1 atomo di ossigeno	calamina	$Zn_4Si_2O_7(OH)_2$	2 : 7

I **sorosilicati** sono costituiti da *tetraedri uniti a coppie*, mediante un solo atomo di ossigeno-ponte, mentre agli ossigeni restanti si uniscono i cationi metallici.

Appartengono ai sorosilicati gli epidoti e la calamina.

Il rapporto Si:O è 2:7.

La classificazione dei silicati

	Struttura	Minerali	Formula	Rapporto Si : O
	ciclosilicati una catena semplice si ri-chiude formando un anello di 3, 4, 6 tetraedri	tormalina	$\text{NaMg}_3\text{Al}_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$	1 : 3

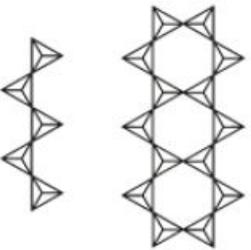
I **ciclosilicati** sono costituiti da *anelli di 3, 4, 6 tetraedri* nei quali gli ossigeni terminali sono rispettivamente 6, 8, 12.

Appartengono ai ciclosilicati il berillo e la tormalina.

Il rapporto **Si:O** è **1:3**.



La classificazione dei silicati

	Struttura	Minerali	Formula	Rapporto Si : O
	inosilicati <ul style="list-style-type: none"> ■ i tetraedri sono legati tra loro tramite 1 atomo di ossigeno, a formare una catena semplice ■ due catene possono legarsi tramite gli atomi di ossigeno e i cationi a formare una catena doppia 	<p>pirosseni</p> <p>anfiboli</p>	<p>$(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$</p> <p>$(\text{Ca}_2\text{Mg}_5)\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$</p>	<p>1 : 3</p> <p>4 : 11</p>

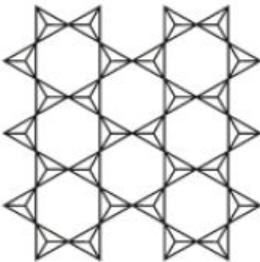
Gli **inosilicati** sono costituiti *catene lineari di tetraedri*, che possono essere semplici o doppie.

Appartengono agli inosilicati pirosseni e anfiboli.

Il **rapporto Si:O** è **1:3** nelle catene semplici, **4:11** nelle catene doppie.



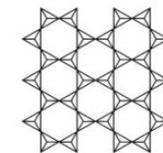
La classificazione dei silicati

	Struttura	Minerali	Formula	Rapporto Si : O
	fillosilicati più catene formano piani collegati tra loro a costituire strati; ogni tetraedro condivide gli atomi di ossigeno con altri 3 tetraedri	caolinite	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	2 : 5

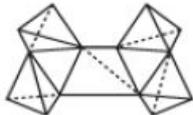
I **fillosilicati** sono costituiti da *strati di tetraedri*, nei quali ognuno di essi mette in comune tre ossigeni.

Appartengono ai fillosilicati le miche (biotite), e i minerali argillosi (caolinite).

Il rapporto **Si:O** è **2:5**.



La classificazione dei silicati

	Struttura	Minerali	Formula	Rapporto Si : O
	tectosilicati 4 atomi di ossigeno di ciascun tetraedro vengono condivisi con altri 4 tetraedri, a formare una struttura spaziale	feldspati (albite)	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	3 : 8

I **tectosilicati** sono costituiti da tetraedri uniti mediante i quattro vertici in modo da formare una *struttura tridimensionale*.

Appartengono ai tectosilicati il quarzo e gli alluminosilicati.

Il **rapporto Si:O** è **1:2** per il quarzo, **3:8** per gli alluminosilicati.



La classificazione dei silicati

In base al rapporto Si:O si distinguono:

- **silicati femici (o mafici)**, con basso rapporto Si:O, bassa percentuale di ioni SiO_4^{4-} , alta percentuale di ioni metallici
- **silicati sialici (o felsici)**, con alto rapporto Si:O, alta percentuale di ioni SiO_4^{4-} , bassa percentuale di ioni metallici.

	Minerali	Rapporto Si : O	Densità (g/cm ³)
silicati femici	olivina	1 : 4	3,3 ÷ 4,3
	pirosseni	1 : 3	3 ÷ 4
	anfiboli	4 : 11	2,8 ÷ 3,6
	mica	2 : 5	2,6 ÷ 3,3
silicati sialici	feldspati	~1 : 2	2,6 ÷ 2,8
	quarzo	1 : 2	2,6

La genesi dei minerali

I minerali si formano per:



- **solidificazione** diretta di una massa fusa di magma o lava (in profondità o in superficie)



- **precipitazione** di sostanze disciolte in una soluzione sovrasatura (in superficie)

La genesi dei minerali



- **sublimazione** di un vapore (in superficie)



- **alterazione** allo stato solido di un altro minerale in seguito a variazioni di temperatura e pressione (in profondità o in superficie).