

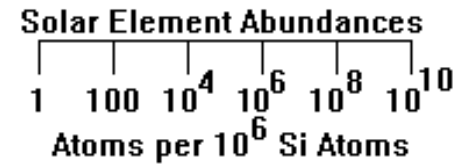
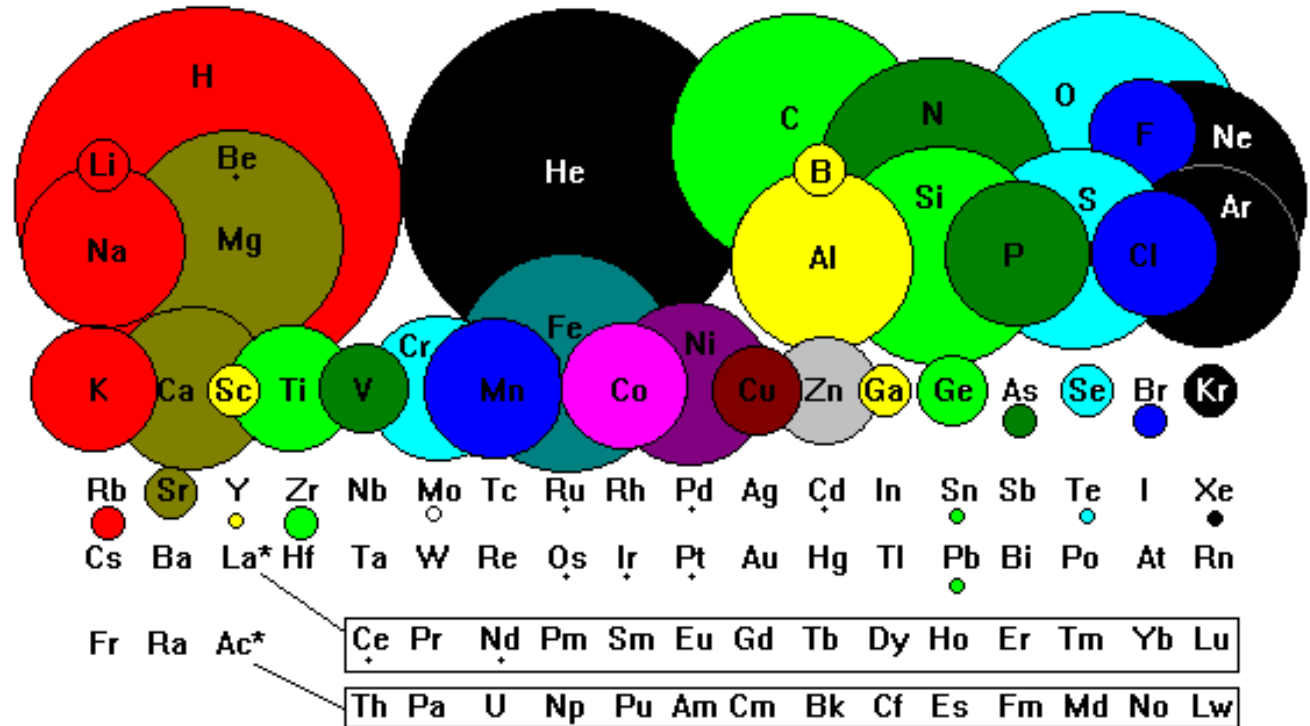
# MINERALI



# Zapomni si

- Kemične prvine nastajajo v zvezdah.
- Atomi se med seboj povezujejo tako, da si delijo ali izmenjujejo elektrone.
- Minerale klasificiramo po njihovi kemični sestavi.
- Minerale lahko prepoznamo po fizikalnih lastnostih, ki so posledica atomske strukture.
- Silikati so najpomembnejša skupina mineralov.
- Kristale določa njihova simetrija, ki sledi matematičnim pravilom.

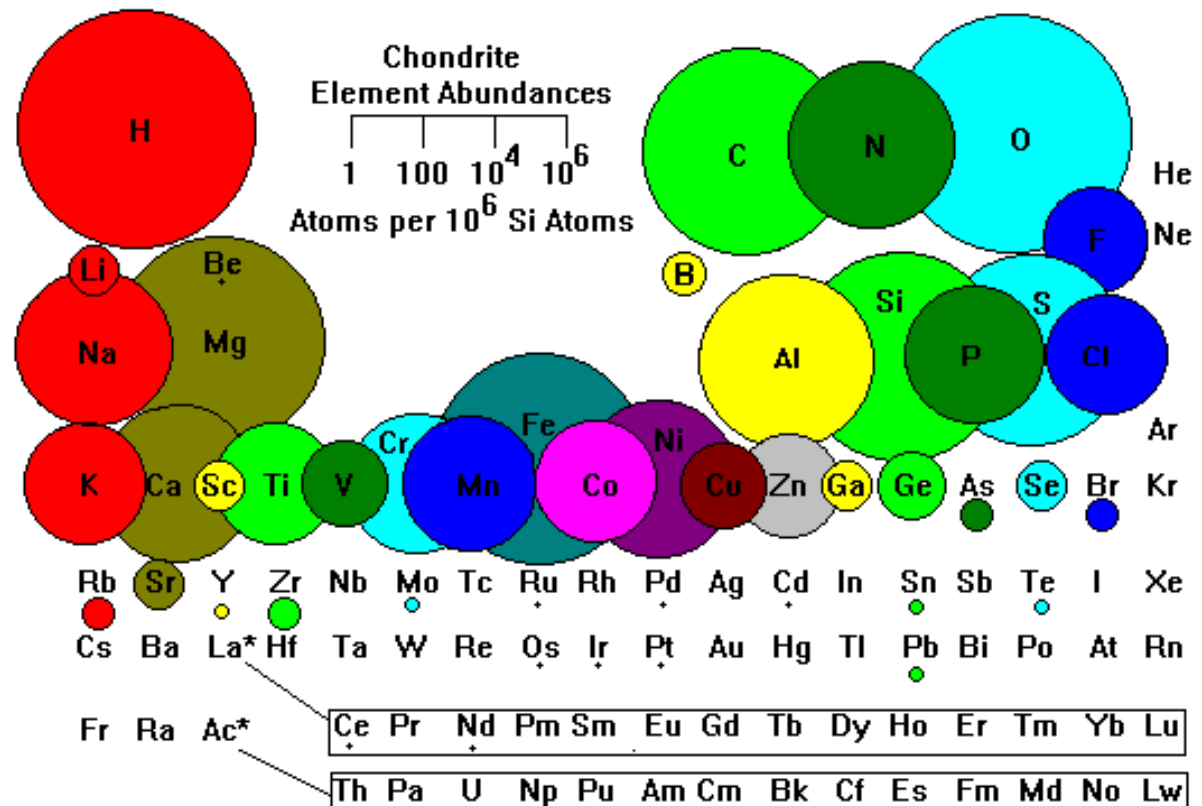
# Sestava Sonca



- Prevladujejo lahke prvine.
- Malo je litija, berilija in bora.
- Obilnejše so prvine s sodim atomskim številom.
- Železo po obilnosti odstopa od podobnih prvin.

# Iz česa so planeti?

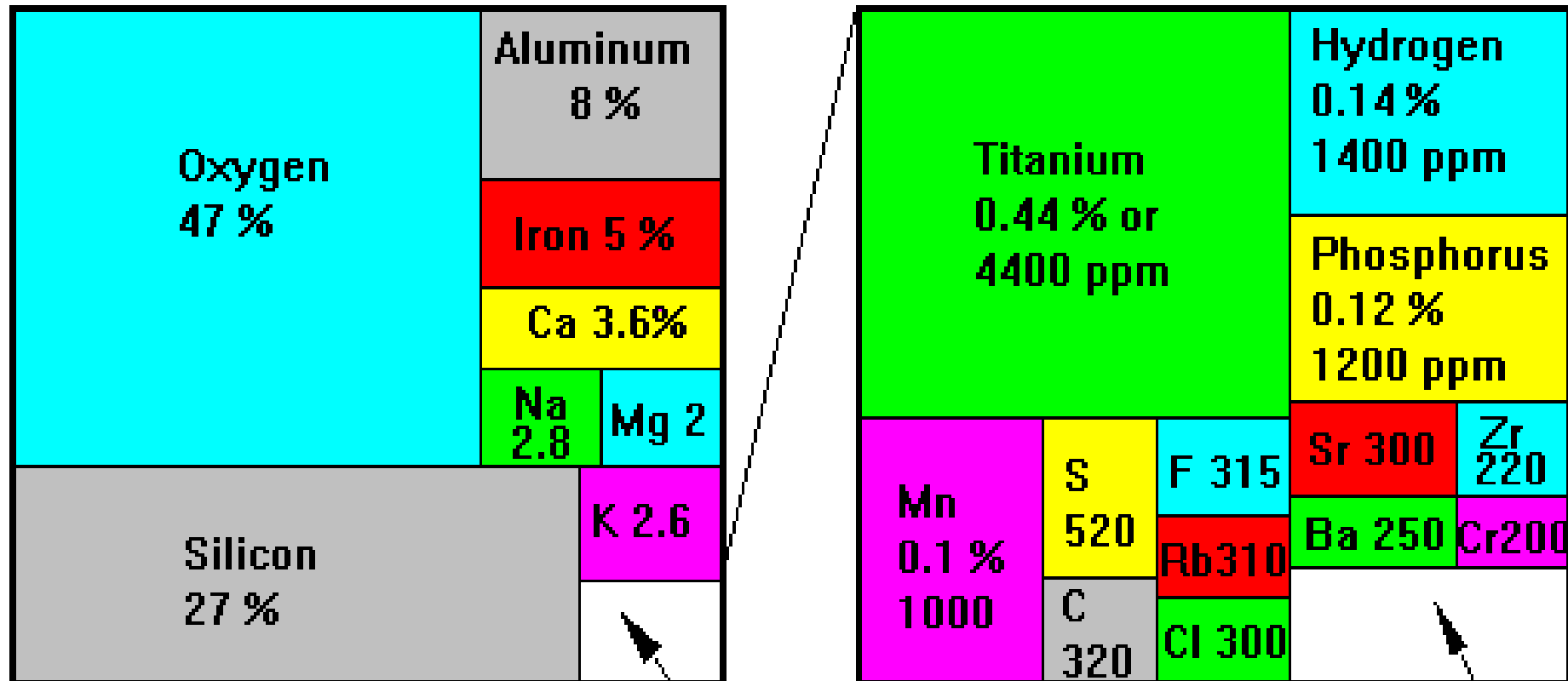
- Iz iste snovi kot Sonce;
- brez prvin, ki so v plinski obliki.
- Tako sestavo najdemo v nekaterih vrstah meteoritov.





# Sestava zemljine skorje

Chemistry of Continental Crust by Weight



All other elements  
about 1 % or 10,000

About 0.1 % (1000 ppm)  
Zn, Cu, Ni, Pb, Mo, Th,

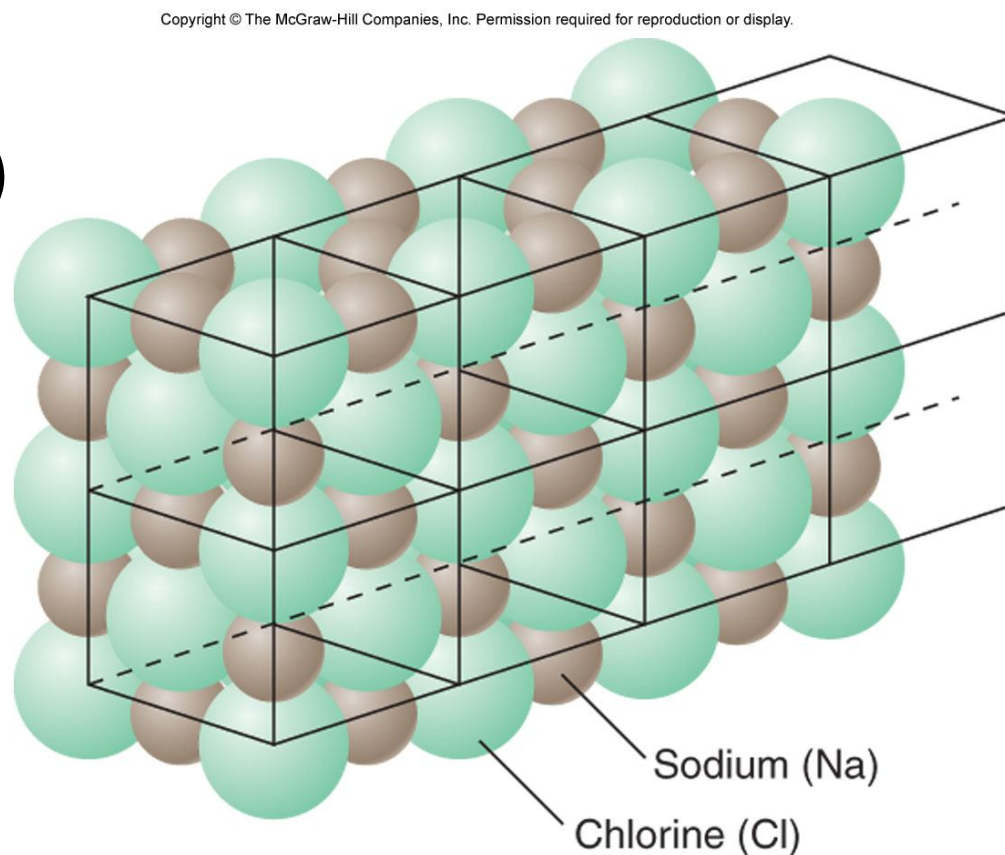
**BOX 9.2 ■ TABLE 1**

**Crustal Abundance of Elements**

<b>Element</b>	<b>Symbol</b>	<b>Percentage by Weight</b>	<b>Percentage by Volume</b>	<b>Percentage of Atoms</b>
Oxygen	O	46.6	93.8	60.5
Silicon	Si	27.7	0.9	20.5
Aluminum	Al	8.1	0.8	6.2
Iron	Fe	5.0	0.5	1.9
Calcium	Ca	3.6	1.0	1.9
Sodium	Na	2.8	1.2	2.5
Potassium	K	2.6	1.5	1.8
Magnesium	Mg	2.1	0.3	1.4
All other elements		1.5	—	3.3

# Minerali so kemične spojine, ki sestavljajo zemljino skorjo

- Naravni (in umetni).
- Anorganski (izjemoma organski)
- (Približno) stalna kemijska sestava.
- ~ 5000 poznanih.
- 200 običajnih.
- 20 kamnino tvornih.

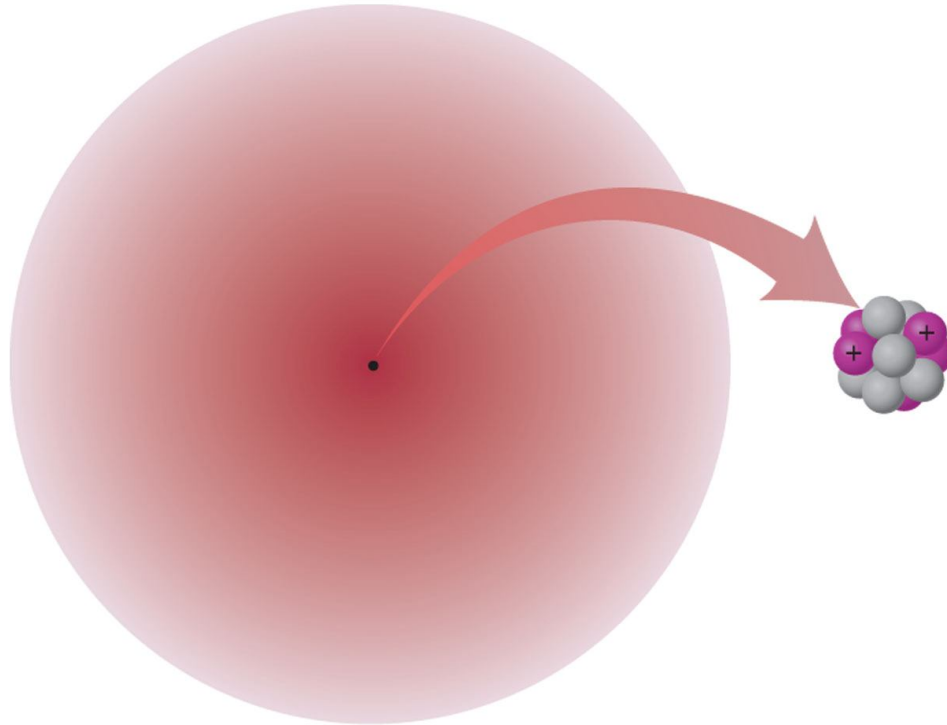





# Zgradba atoma

- Kemijsko prvino določa število protonov (+) v jedru (atomsko število).

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



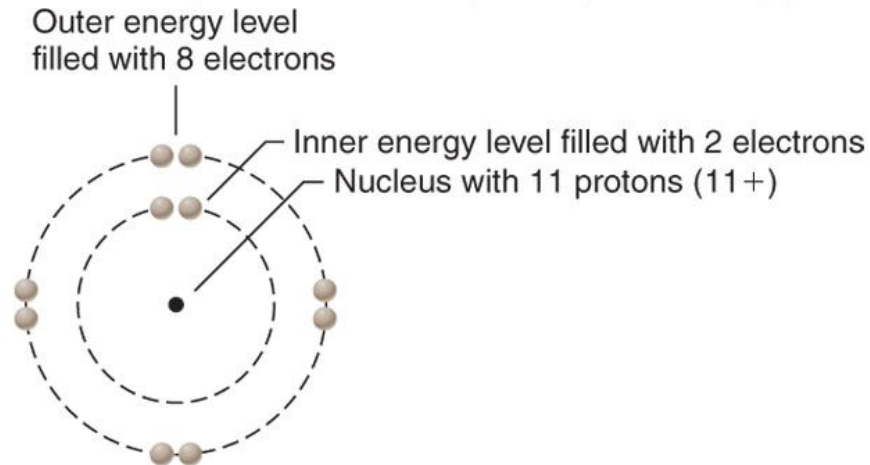
 Protons (8 are present)

 Neutrons (usually 8 are present)

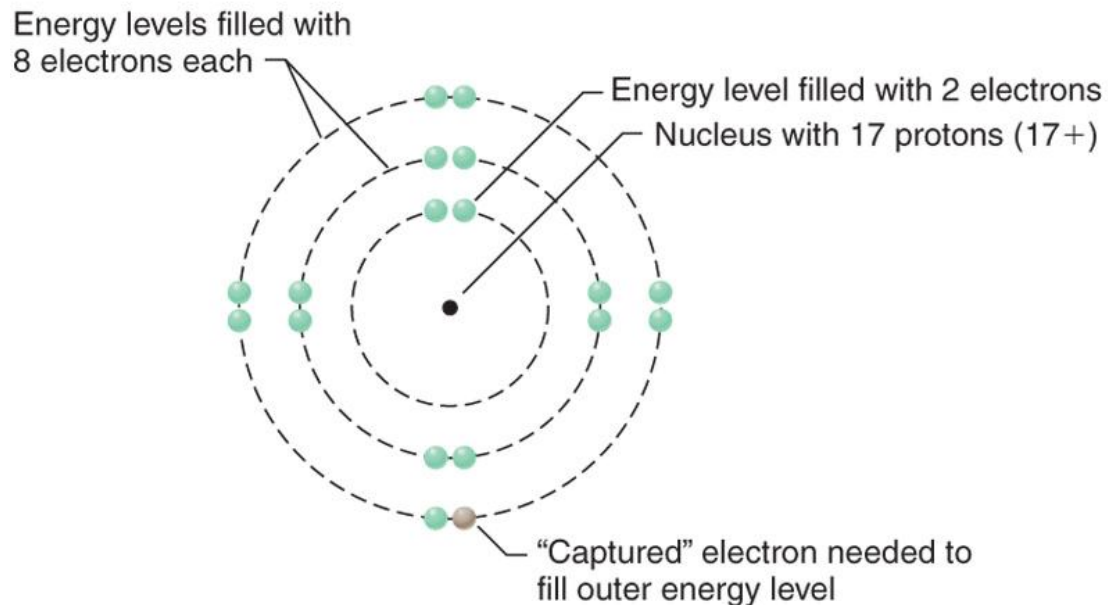
- Nevtroni (0) v jedru prispevajo k masi.
- Elektroni (-) krožijo po orbitalah ali ovojih.
- Atomi so električno nevtralni.

# Atomske vezi

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



A Sodium ( $\text{Na}^+$ )

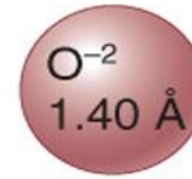


B Chlorine ( $\text{Cl}^-$ )

- Stabilne so le določene konfiguracije velektronskih ovojih.
- Atomi zato oddajajo ali sprejemajo elektrone in postanejo ioni.

# Ioni

Negative ions  
(anions)



Positive ions  
(cations)



0.78 Å



0.72 Å



0.64 Å



0.26 Å



0.535 Å



1.02 Å



1.00 Å



1.38 Å

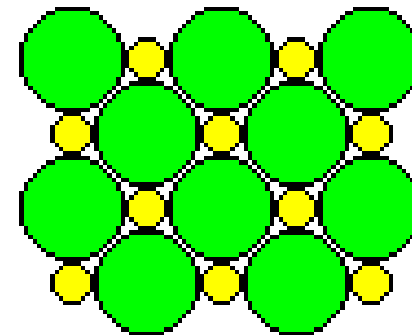
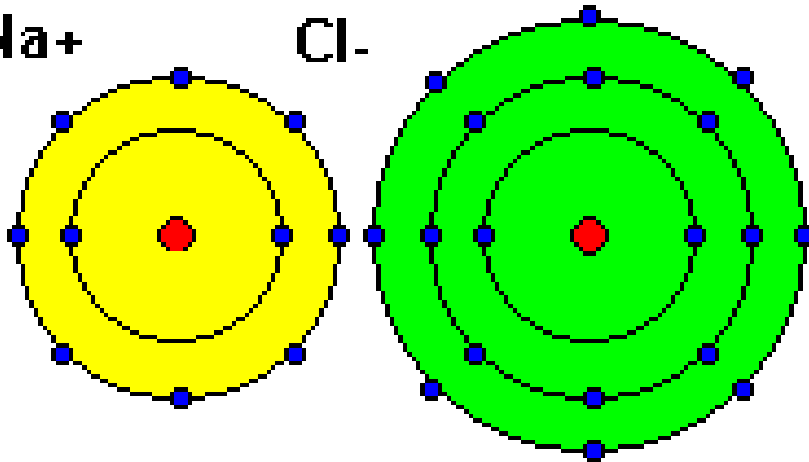
# Atomske vezi

- Zadostiti morajo pogoju električne nevtralnosti in stabilnosti elektronskega ovoja.
- Vrste:
  - Ionska (NaCl).
  - Kovalentna (O<sub>2</sub>).
  - Kovinska (Cu, Al, Fe).
  - Vodikova (v vodi).

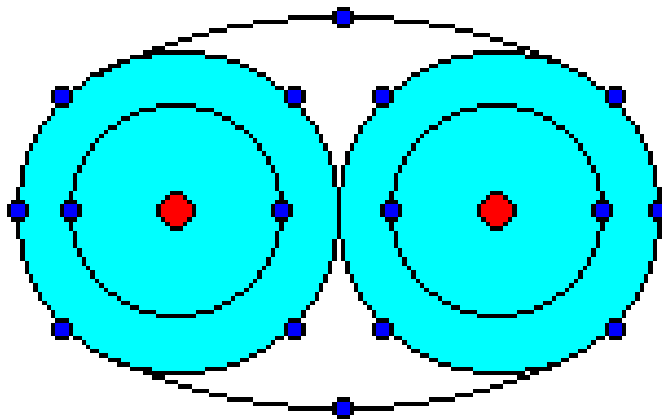
# Ionska in kovalentna vez

Na<sup>+</sup>

Cl<sup>-</sup>

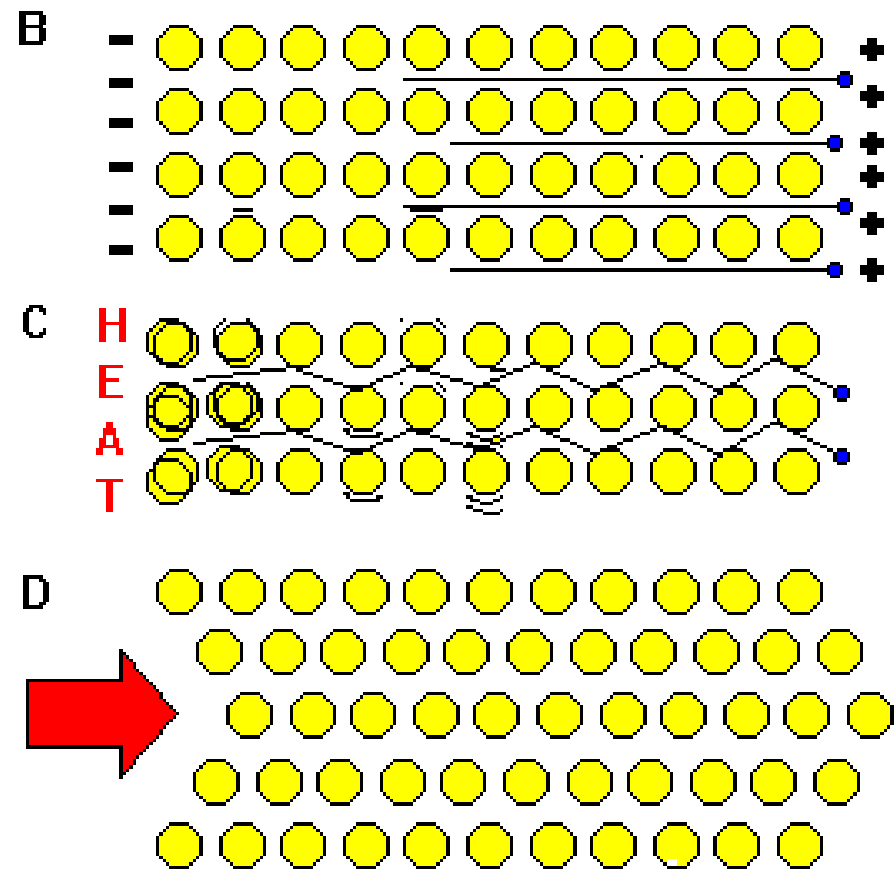
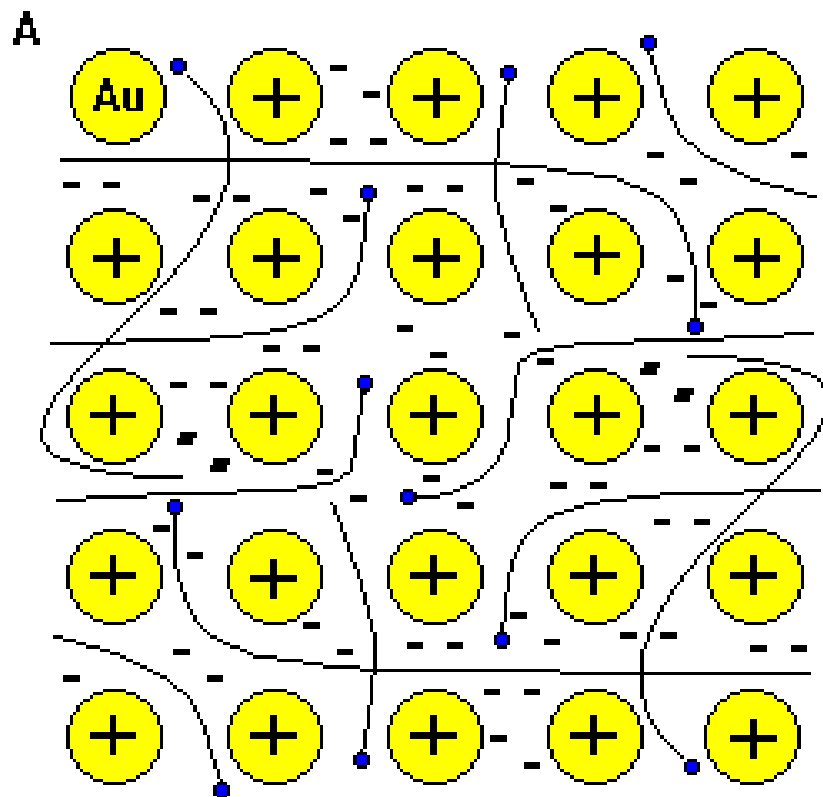


NaCl - Ionic Bonding



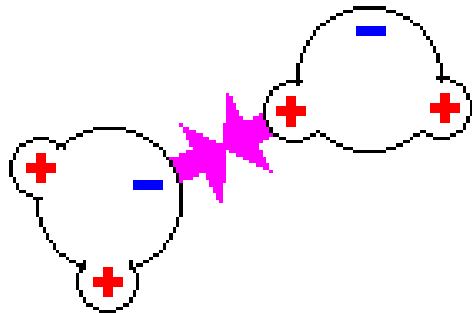
Oxygen-  
Covalent Bonding

# Kovinska vez

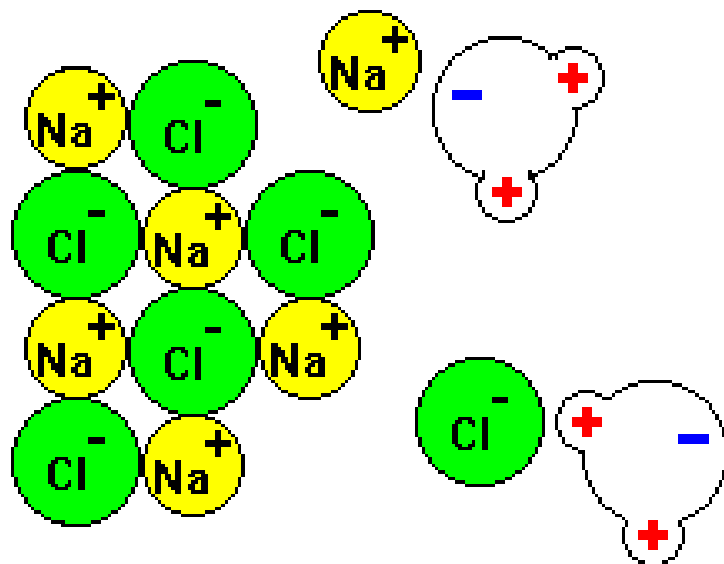


# Vodikova vez

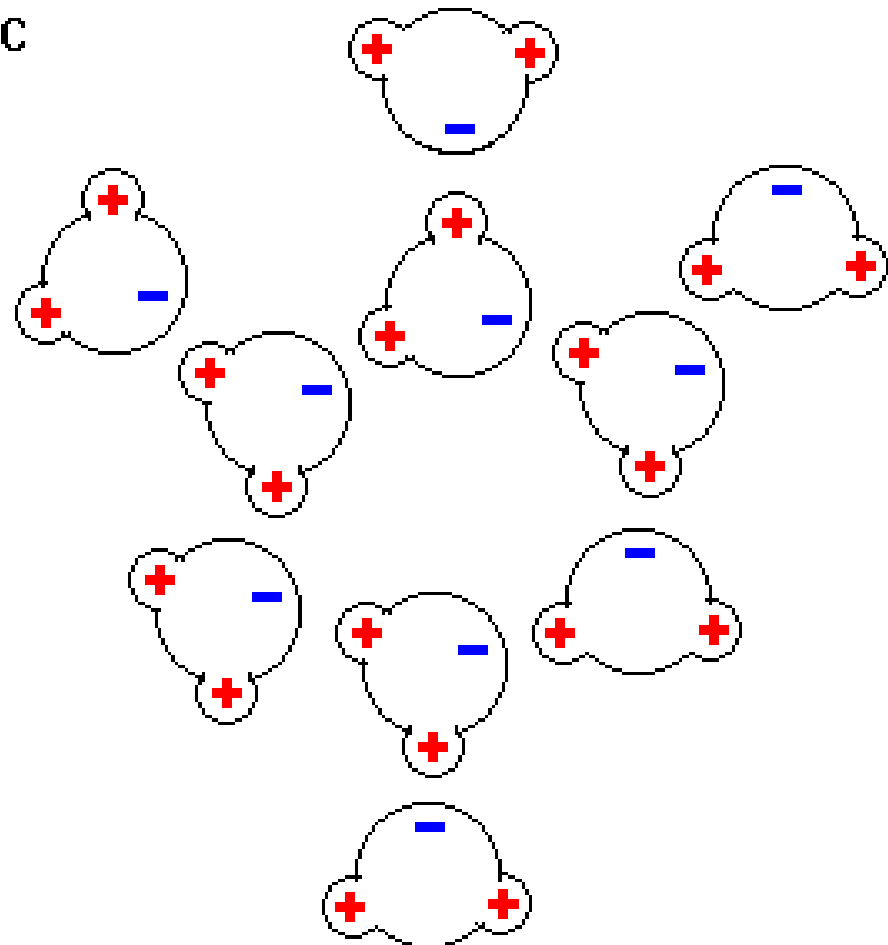
A



B



C



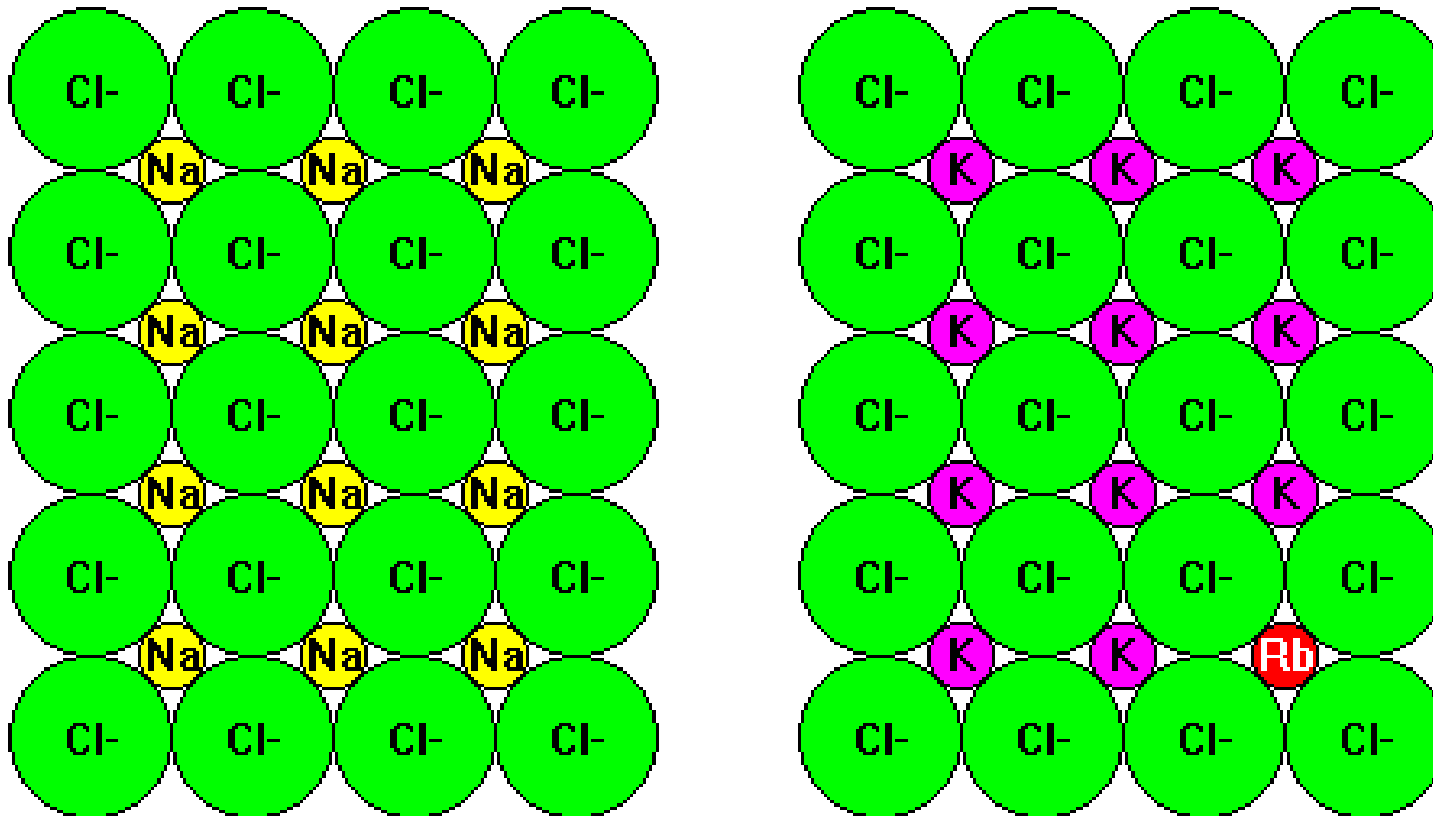
# Povzetek

- Ionske vezi držijo skupaj minerale.
- Kovalentne vezi držijo skupaj ljudi in ostale organizme.
- Kovinske vezi držijo skupaj civilizacijo.
- Vodikove vezi dajejo vodi njeno sposobnost zadrževanja toplote in raztapljanja.



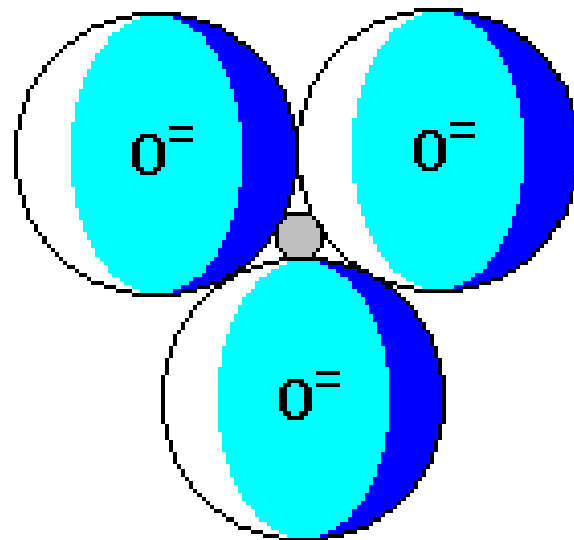
# Kristalne rešetke

- Atomi v kristalih gradijo ponavljajoč se vzorec – kristalno rešetko (mrežo).

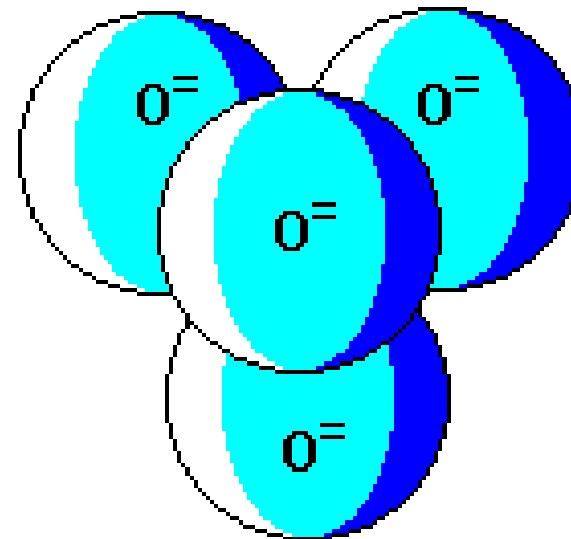


# Kompleksni anioni (radikali)

- Veliko mineralov vsebuje skupine atomov, ki se obnašajo kot samostojna enota.



Carbonate  $\text{CO}_3^{-2}$



Sulfate  $\text{SO}_4^{-2}$

Silicate  $\text{SiO}_4^{-4}$

# Poimenovanje mineralov

- Barva:
  - glavkonit (grško: glaucos = modro-zelen)
- Druge lastnosti ali uporaba:
  - magnetit
- Sestava:
  - kromit
- Kraji:
  - muskovit (Moskva)
- Ljudje:
  - biotit

# Minerale klasificiramo glede na anionski del

- samorodne prvine: grafit
- sulfidi ( $S^{2-}$ ): pirit
- haloidi ( $Cl^-$ ,  $F^-$ ): halit, fluorit
- oksidi in hidroksidi ( $O^{2-}$ ,  $OH^-$ ): kremen, goethit
- karbonati ( $CO_3^{2-}$ ): kalcit
- sulfati ( $SO_4^{2-}$ ): sadra
- fosfati ( $PO_4^{3-}$ ): apatit
- silikati ( $SiO_4^{4-}$ ): plagioklazi

# Prepoznavanje mineralov

- **Barva:** zelo spremenljiva, različni vzroki.
- **Trdota:** moč atomskih vezi.
- **Gostota:** masa in razporeditev atomov.
- **Sijaj:** posledica interakcije elektronov in svetlobe.
- **Razkolnost:** ravnine s šibkimi vezmi atomov.
- **Kristalne oblike:** zelo uporabne, a ne za začetnike.
- Ostale značilnosti, specifične za nekatere minerale.

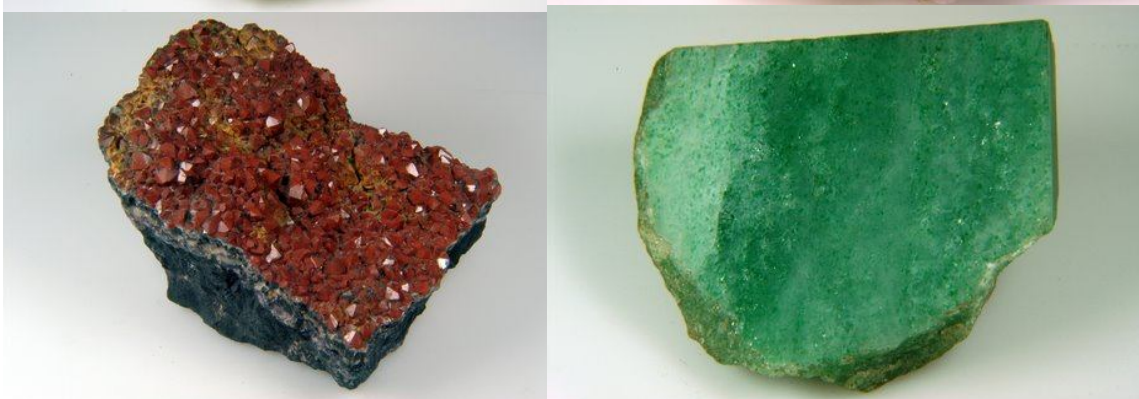
# Barva



- Včasih značilna
- Pogosto nezanesljiva.
- Nanjo vplivajo:

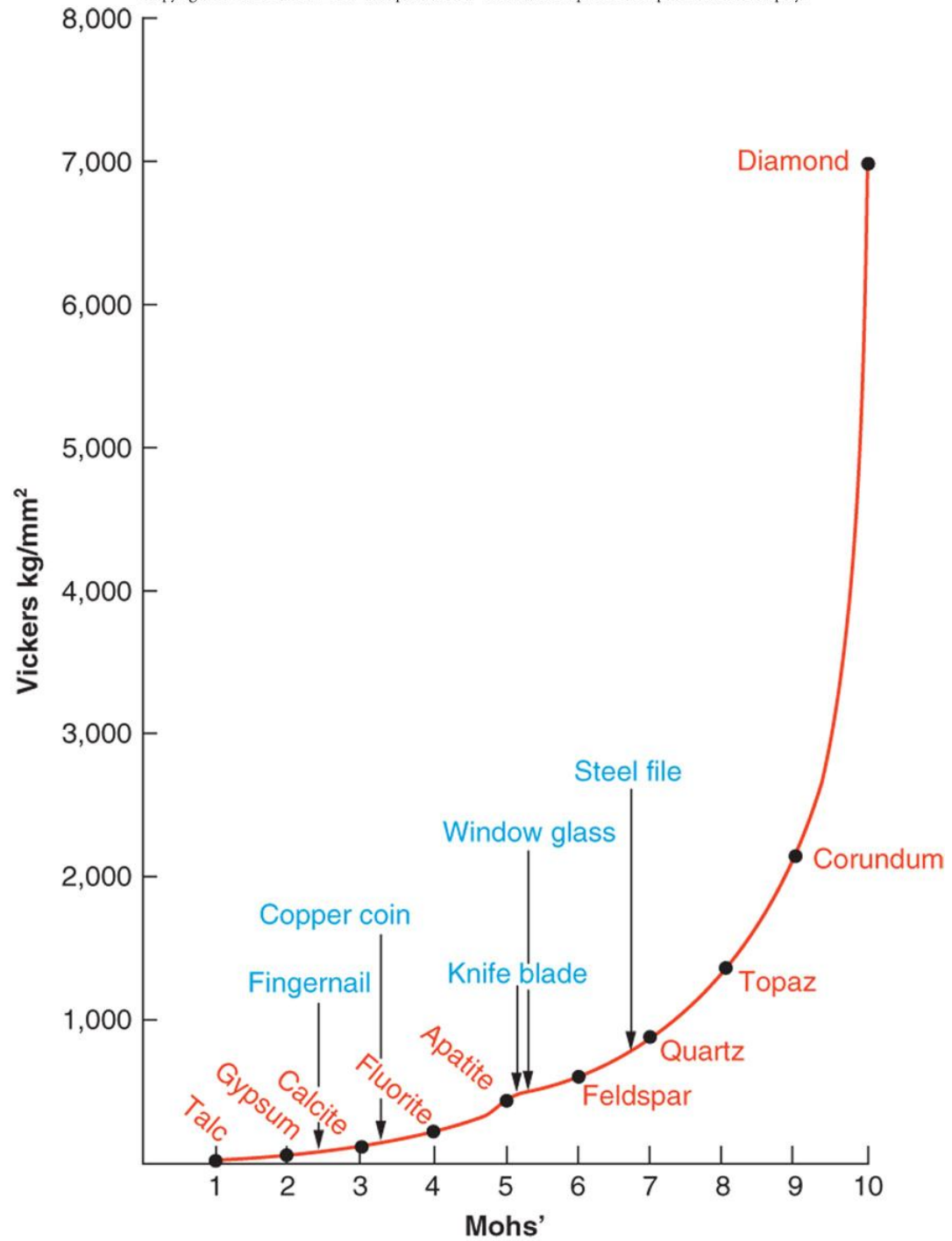


- Kemične nečistoče.
- Površinske prevleke.
- Velikost zrn.
- Preperevanje.



# Trdota

- Neposredno povezana z relativno močjo atomskih vezi.
- Odpornost proti vtiskanju (Wickers, Knoop).
- Odpornost proti razenju (Mohs).
- Mohsova trdotna lestica je relativna, pove nam le, ali je en mineral trši od drugega, saj med posameznimi enotami razlika v trdoti ni enaka.





- Mohsova trdotna lestica:

1. Lojevec

2. Sadra

3. Kalcit

4. Fluorit

5. Apatit

6. Ortoklaz

7. Kremen

8. Topaz

9. Korund

10. Diamant

- Trdoto lahko hitro ocenimo, če vemo, da:

- z nohtom razimo minerale s trdoto  $< 2$

- minerali, ki razijo bakrene kovance, imajo trdoto  $> 3 \frac{1}{2}$

- z nožem razimo minerale s trdoto  $< 5 \frac{1}{2}$

- minerali, ki razijo steklo, imajo trdoto  $> 5 \frac{1}{2}$ .

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Photo © Parvinder Sethi

# Gostota

- Neposredno povezana z maso in razporeditvijo atomov.
- Običajno zelo zanesljivo, a težje izvedljivo ločevanje.

## Gostota - gm/cm<sup>3</sup>

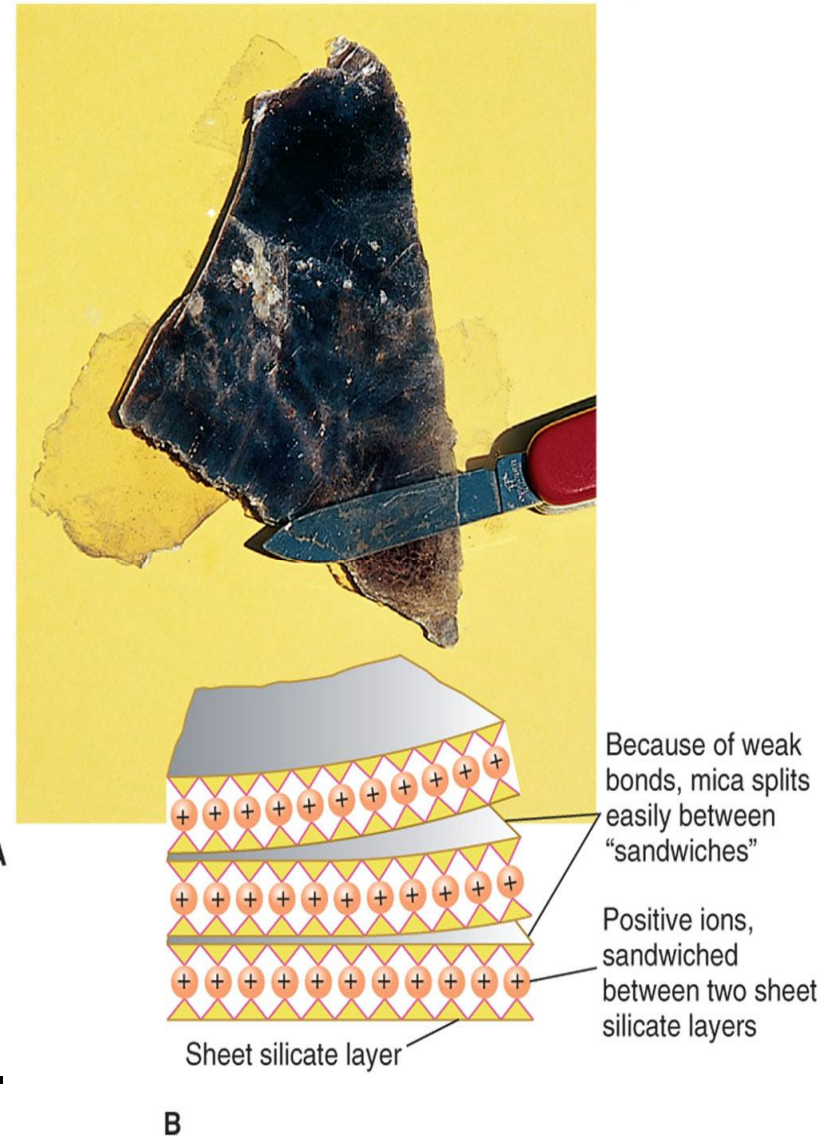
Zrak:	0,001
Les:	0,1-0,9
Led:	0,92
Voda:	1,00
Večina silikatov:	2,6-3,0
Kremen:	2,65
Pirit, hematit, magnetit	5,00
Zlato:	19,3
Platina:	21,4
Iridij (najgostejša snov na Zemlji):	22,4

# Sijaj

- Najpombnejše ločevanje je kovinski ali nekovinski.
- Smolnat, voščen, svilen...
- Steklast.

# Razkolnost

- Sposobnost ločevanja po ravninah šibkosti med atomi v kristalni strukturi.
- Neposredno povezana z atomsko strukturo.
- Povezana s kristalno obliko.
- Vsaka razkolna ravnina je možna kristalna ravnina.
- Vsaka kristalna ravnina ni razkolna ravnina.
  - Kremen pogosto tvori kristale, a nima razkolnosti.

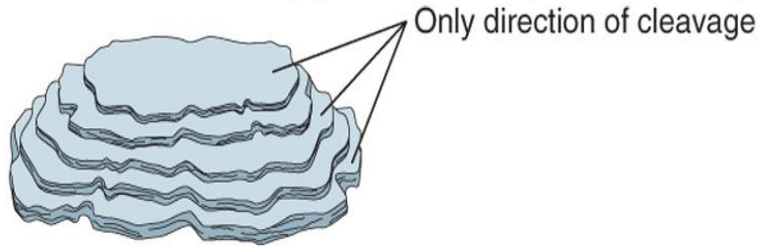


# Razkolnost

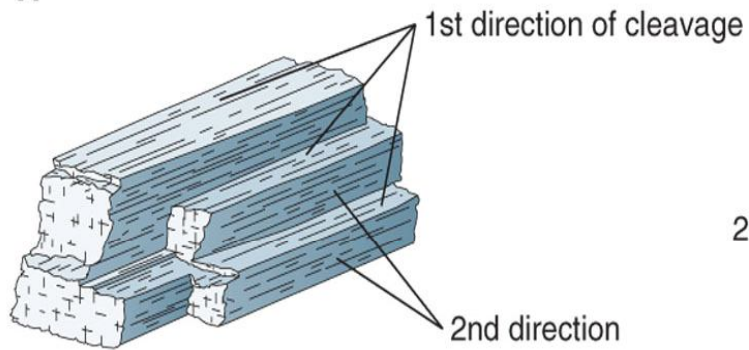
- Minerali so lahko brez razkolnosti (kremen) ali z:
  - zelo popolno (sljude),
  - popolno (kalcit),
  - jasno (glinenci) in
    - nepopolno ali slabo (žveplo) razkolnostjo.
- Razkolnost imajo lahko po eni (sljude) ali več ploskvah (kalcit).
- Koti med razkolnimi ravninami so za mineral značilni.

# Razkolnost

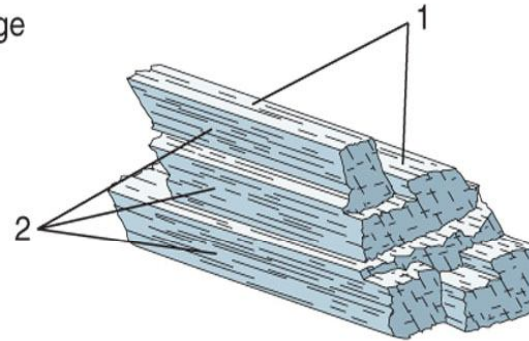
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



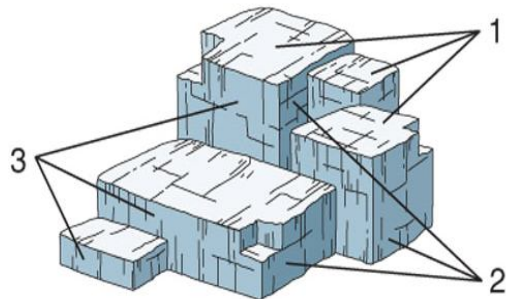
A



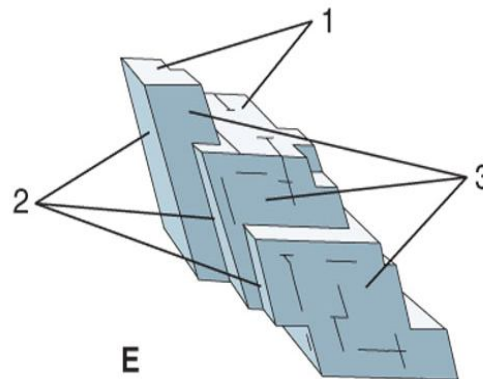
B



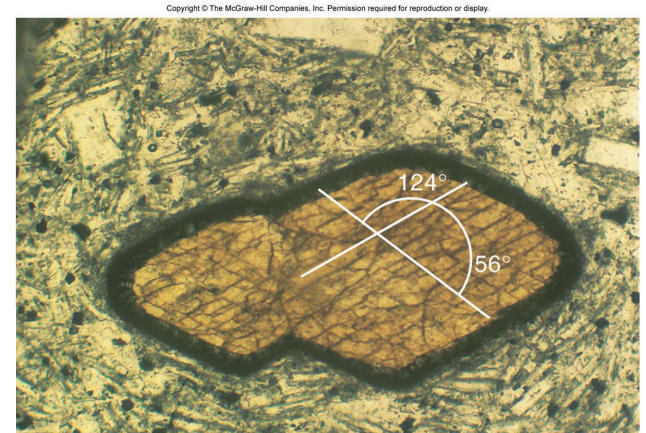
C



D



E



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Photo by C. C. Plummer



# Lom

- Kako se snov lomi, kadar nanjo ne vpliva razkolnost.
- Minerali brez razkolnosti imajo običajno neraven lom.
- Minerali, ki se lomijo po ukrivljeni površini imajo školjkast lom (kremen, granati, steklo).

# Kristalna oblika

- Zahteva prakso in srečo.
- Lepe kristalne oblike, vidne s prostim očesom so redke.
- Klasifikacija je včasih težavna.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Photo © Parvinder Sethi

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Photo © Parvinder Sethi

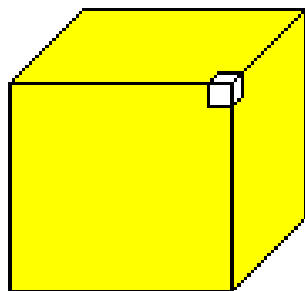
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



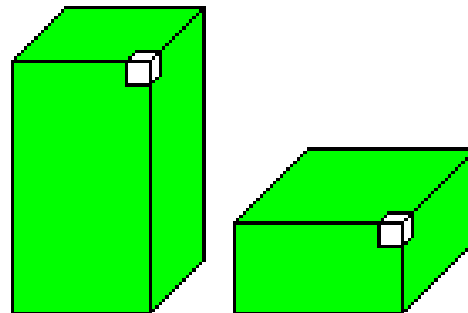
Photo © C.C. Plummer

# Kristalna oblika

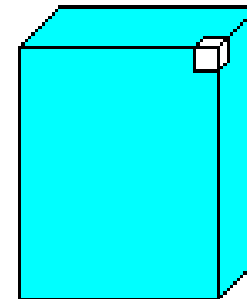
**Cubic (Isometric)**



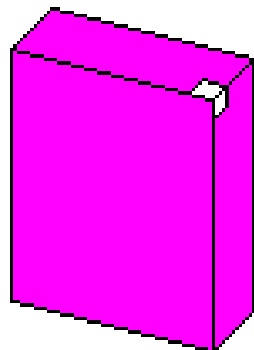
**Tetragonal**



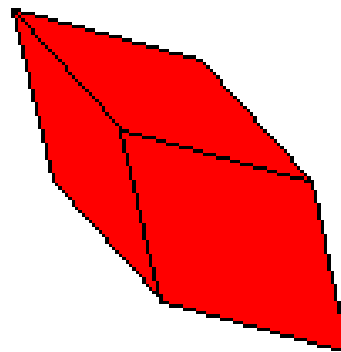
**Orthorhombic**



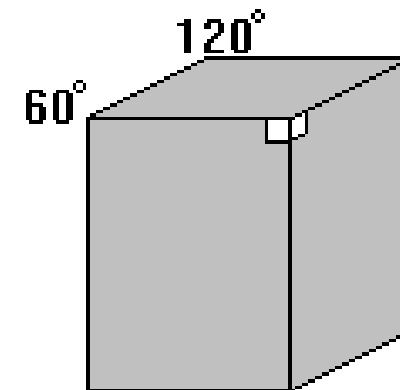
**Monoclinic**



**Triclinic**



**Hexagonal**



# Določanje mineralov

Geološko okolje:

- Nekateri minerali se pojavljajo v vseh okoljih: kremen, glinenci, pirit.
- Za magmatsko okolje je značilen olivin.
- Za sedimentno okolje sta značilna kalcit in dolomit.
- Za metamorfno okolje sta značilna granat in disten.

# Določanje mineralov

- Posebne lastnosti:
  - Okus, magnetizem,...
- Izkušnje in študij literature:
  - “Najboljši geolog je tisti, ki je videl največ kamnov.”
- Inštrumentalne metode:
  - Kemijska analiza.
  - Rentgenska difrakcija.
  - Mikroskopija v presevni in/ali odsevni polarizirani svetlobi.

# Samorodne prvine

- žveplo S
- baker Cu
- zlato Au
- srebro Ag
- diamant C
- grafit C

# Sulfidi

- Gosti, pogosto kovinski, večina rudnih mineralov.
  - pirit  $\text{FeS}_2$
  - halkopirit  $\text{CuFeS}_2$
  - galenit  $\text{PbS}$
  - sfalerit  $\text{ZnS}_2$

# Haloidi

- Običajno mehki, pogosto topni.
  - halit  $\text{NaCl}$
  - fluorit  $\text{CaF}_2$



# Oksidi in hidroksidi

- Zelo različni. Nekateri kamnino tvorni, nekateri produkti preperevanja, nekateri rudni minerali, dragi in poldragi kamni.
  - kremen  $\text{SiO}_2$  (po nekaterih klasifikacijah silikat)
  - hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
  - limonit – mešanica Fe oksidov in hidroksidov
  - boksit – mešanica Al hidroksidov  $\text{Al}(\text{OH})_3$
  - korund  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (rubin, safir)

# Karbonati

- Zaradi izhajanja  $\text{CO}_2$  ob stiku z vročo in/ali koncentrirano  $\text{HCl}$  zašumijo. Nekateri (kalcit) reagirajo že s hladno 10%  $\text{HCl}$ .
  - kalcit  $\text{CaCO}_3$
  - dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

# Sulfati

- Mehki, svetlih barv.
  - sadra  $\text{CaSO}_4$
  - barit  $\text{BaSO}_4$

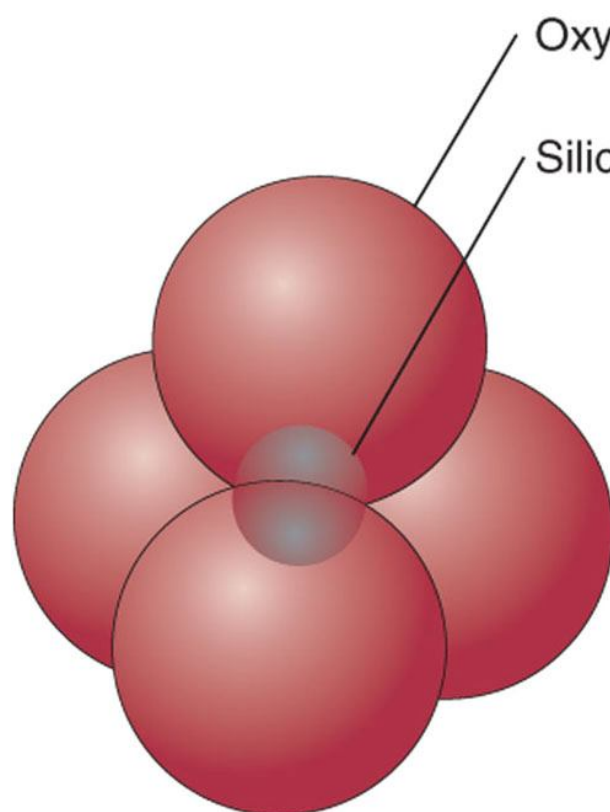
# Fosfati

- Svetli, nekateri v rudiščih, nekateri v kosteh.
  - apatitova skupina  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$      $\text{X} = \text{Cl}, \text{F}, \text{OH}$

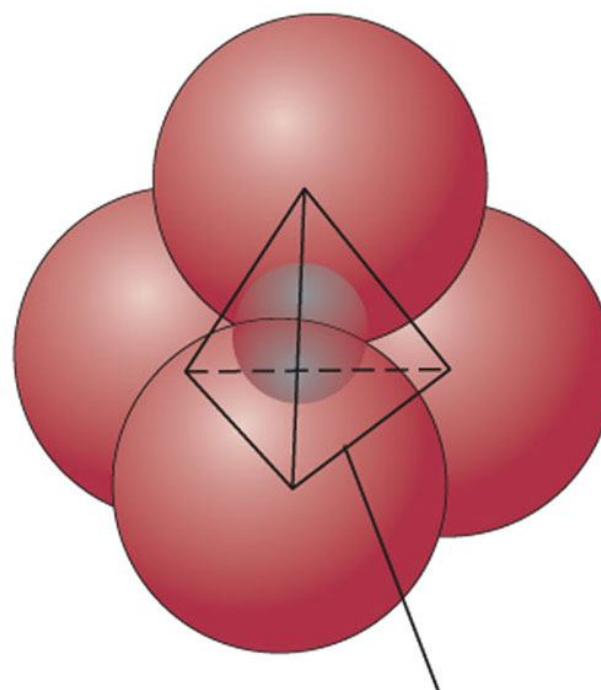
# Silikati

- Najpogostejši minerali.
  - Si + O = 75% Zemljine skorje.
  - > 95% vseh kamnin (vključno s kremenom).

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



**A** Arrangement of atoms in silicon-oxygen tetrahedron



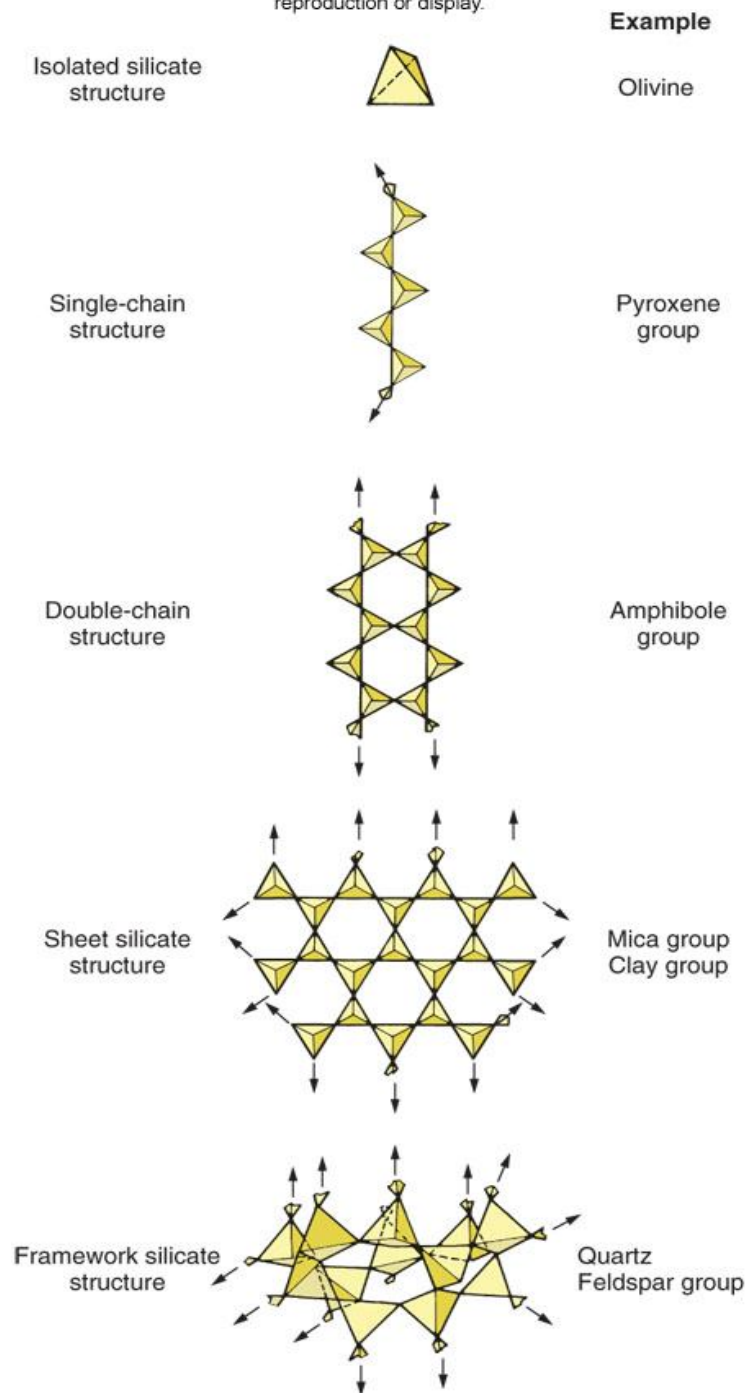
**B** Diagrammatic representation of a silicon-oxygen tetrahedron

- Osnovni gradnik je  $\text{SiO}_4^{4-}$  tetraeder, kjer je osrednji  $\text{Si}^{4+}$  obdan s štirimi  $\text{O}^{2-}$ .

# Silikati

- Glede na to kako se silicijevi tetraedri povezujejo med seboj ločimo:
  - otočne ali nezo-
  - skupinske ali soro-
  - nitaste ali ino-
  - obročaste ali ciklo-
  - lističaste ali filo-
  - ogrodne (palične) ali tektosilikate.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# Nezoslikati

- En sam tetraeder.

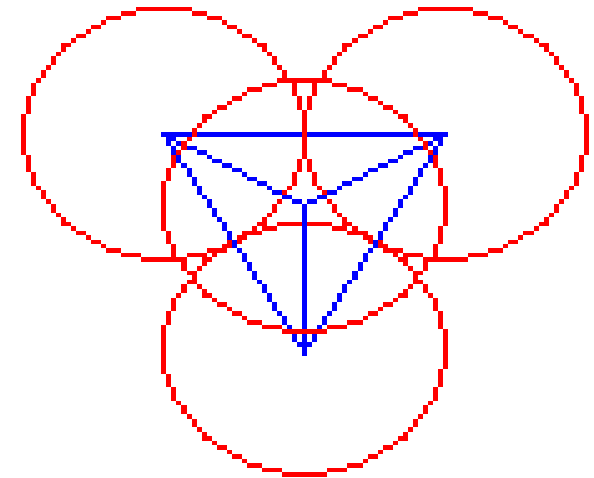
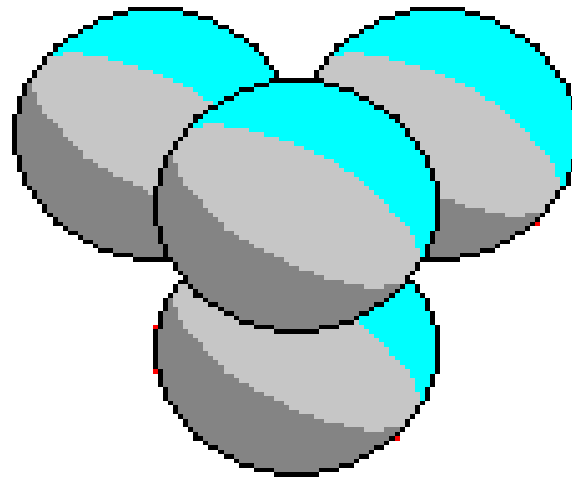
- Olivin  $X\text{SiO}_4$

$X = \text{Mg, Fe}$

- Granat  $A_3B_2(\text{SiO}_4)_3$

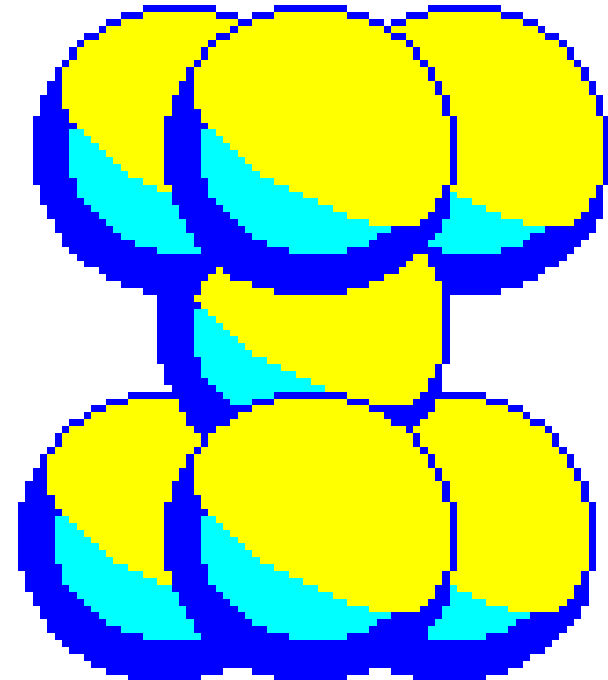
$A = \text{Ca, Fe, ...}$   $B = \text{Al, Cr, ...}$

- Disten ali kianit  $\text{Al}_2[\text{O}|\text{SiO}_4]$



# Sorosilikati

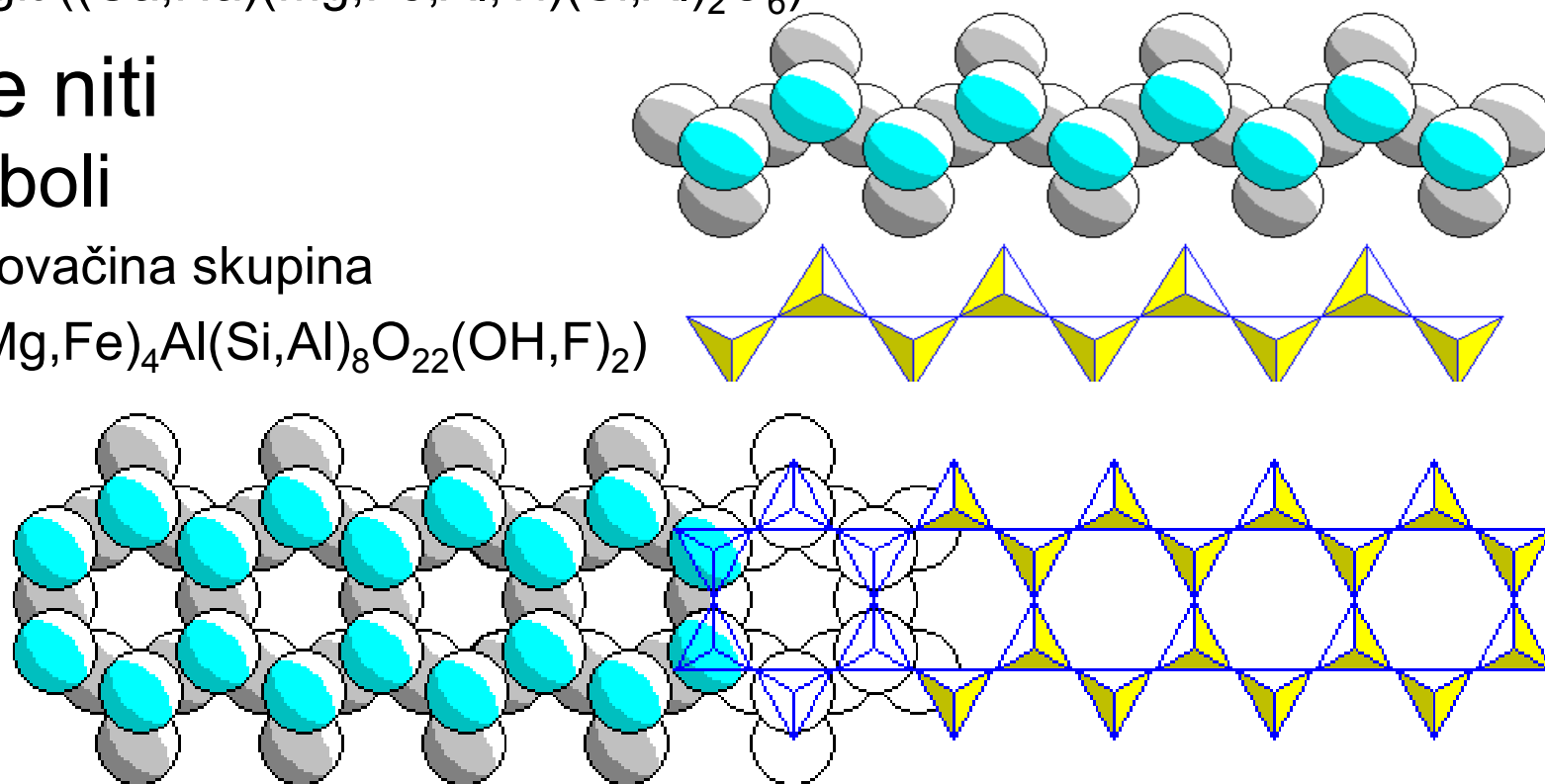
- Dva tetraedra povezuje en kation.
  - epidot  $A_2M_3[ZO_4|Z_2O_7]O(OH)$   
A – Ca, Ce, La, Y, Th,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ , Pb, Sr  
M – Al,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ , Ti,  $V^{3+}$ , Mg  
Z – Si, Be





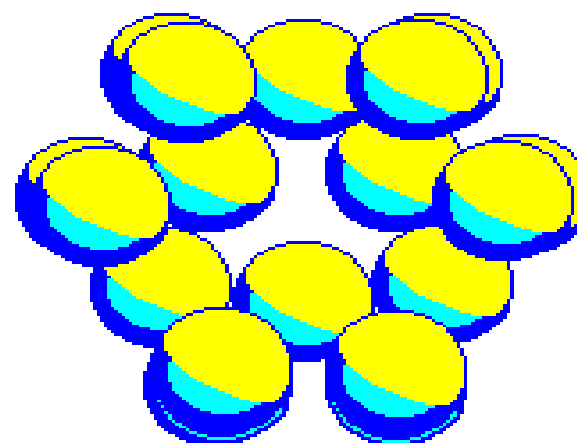
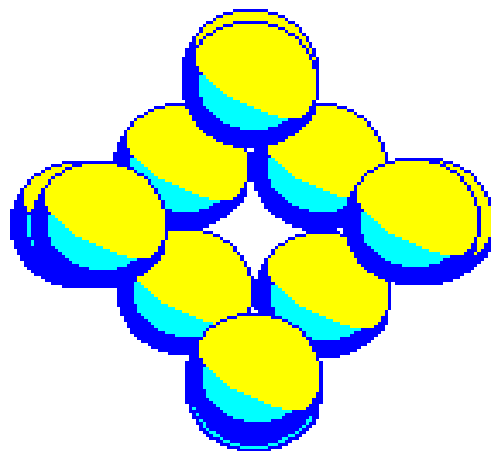
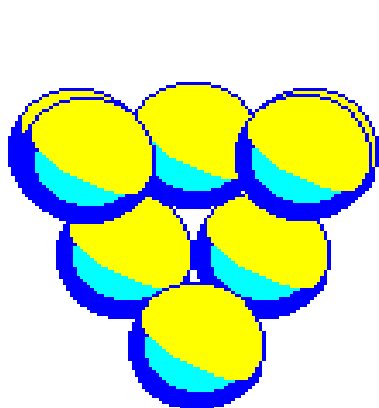
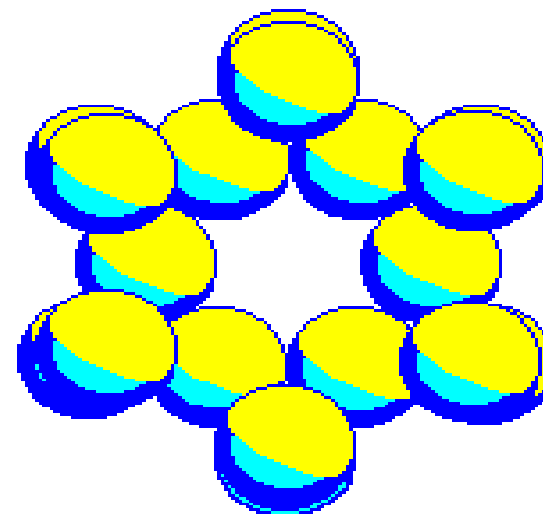
# Inosilikati

- Tetraedri se preko kationov povezujejo v:
- Enojni niti
  - pirokseni
    - avgit  $((\text{Ca},\text{Na})(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al},\text{Ti})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6)$
- Dvojne niti
  - Amfiboli
    - rogovačina skupina  
 $(\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})_4\text{Al}(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_2)$



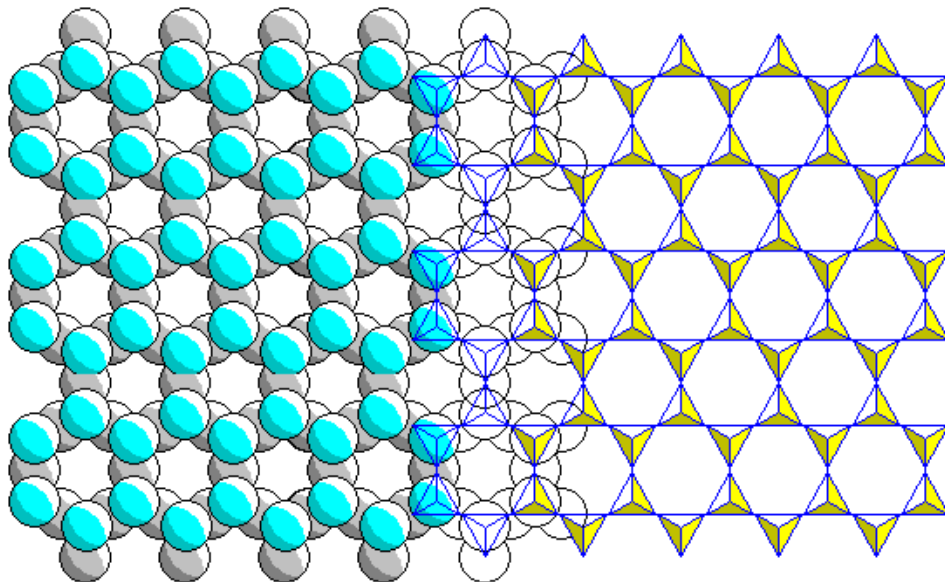
# Ciklosilikati

- Tetraedri se povezujejo v obroč.
  - beril (smaragd)  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$
  - turmalinova skupina  
 $\text{XY}_3\text{Z}_6[(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4]$   
X – Ca, K, Na, □  
Y – Al,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , Li, Mg  
Z - Al,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{V}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$

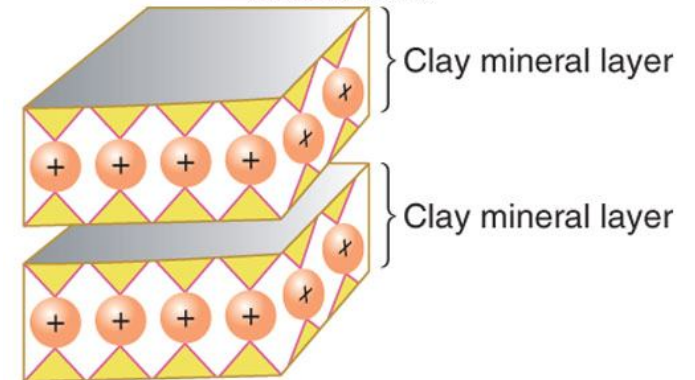


# Filosilikati

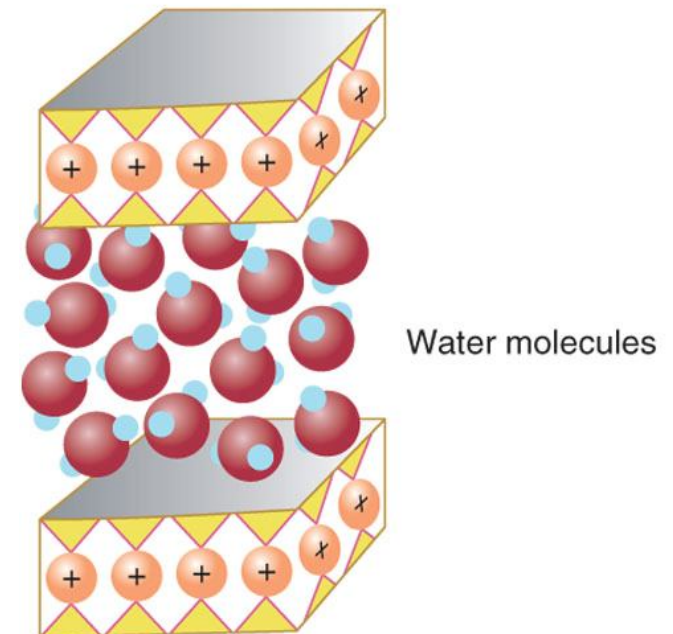
- Tetraedri se povezujejo v lističe oz. plasti.
- Tetraederske plasti  $\text{Si}_2\text{O}_5$  se menjavajo z oktaederskimi plastmi  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ali  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .
- Nevtralnost strukture je dosežena z vezavo kationov ali vode med pakete.



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



A Dry clay mineral



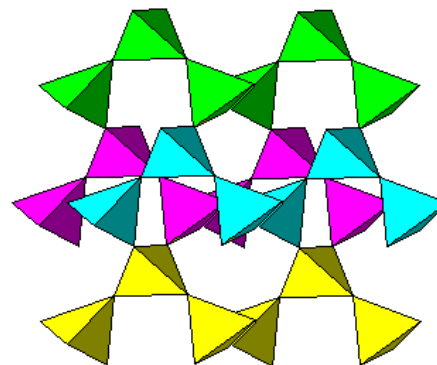
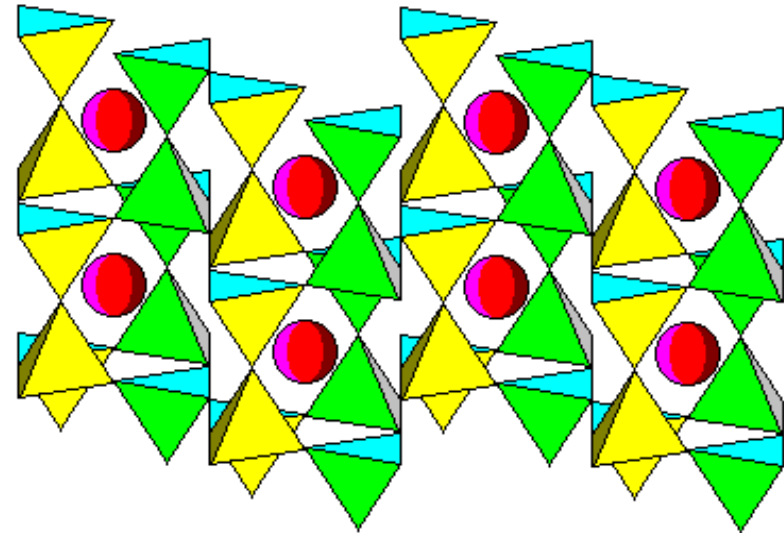
B Expansion due to adsorption of water

# Filosilikati

- sljude
  - biotit  $\text{KFe}_3^{2+}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
  - muskovit  $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- glineni minerali
  - kaolinit  $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
  - illit  $\text{K}_{0,65} \text{Al}_2 \square \text{Al}_{0,65} \text{Si}_{3,35} \text{O}_{10}](\text{OH})_2$
  - montmorillonit  $(\text{Al}_{2-y}\text{Mg}_y)[(\text{Al}_x\text{Si}_{4-x}\text{O}_{10}](\text{OH})_2\text{X}^+_{x+y}\cdot n\text{H}_2\text{O}$   
 $y > x; 0,6 \geq x + y > 0,2$
  - klorit  $(\text{Mg}_5\text{Al}) [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
- lojevec  $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- serpentinitova skupina  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

# Tektosilikati

- Tetraedri se v vseh treh smereh prostora povezujejo v ogrodno strukturo ali paličje.
- glinenci
  - K-glinenci  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ 
    - ortoklaz, sanidin, mikroklin
  - plagioklazi (trdna raztopina albita  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  in anortita  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ )
    - kisli ( $\text{Na} > \text{Ca}$ )
    - srednji ( $\text{Na} = \text{Ca}$ )
    - bazični ( $\text{Na} > \text{Ca}$ )
- (kremen)  $\text{SiO}_2$



# Minerali Zemljine skorje

**TABLE 9.1 Minerals of the Earth's Crust**

Name	Chemical Composition	Type of Silicate Structure or Chemical Group
<b>The most common rock-forming minerals (These make up more than 90% of the Earth's crust.)</b>		
<i>Feldspar Group</i>		
Plagioclase	Ca Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> Na Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Framework silicate
Potassium feldspar (orthoclase, microcline)	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Framework silicate
<i>Pyroxene Group</i> (augite most common)	(Ca, Na)(Mg, Fe) (Si, Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Single-chain silicate
<i>Amphibole Group</i> (hornblende most common)	Complex Fe, Mg, Al silicate hydroxide	Double-chain silicate
<i>Quartz</i>	SiO <sub>2</sub>	Framework silicate
<i>Mica Group</i>		
Muscovite	K Al <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	Sheet silicate
Biotite	K (Mg, Fe) <sub>3</sub> Al Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	Sheet silicate
<b>Other common rock-forming minerals</b>		
<i>Silicates</i>		
Olivine	(Mg, Fe) <sub>2</sub> Si O <sub>4</sub>	Isolated silicate
Garnet group	Complex silicates	Isolated silicate
Clay minerals group	Complex Al silicate hydroxides	Sheet silicate
<i>Nonsilicates</i>		
Calcite	CaCO <sub>3</sub>	Carbonate
Dolomite	CaMg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Carbonate
Gypsum	CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	Sulfate
<b>Much less common minerals of commercial value</b>		
Halite	NaCl	Chloride
Diamond	C	Native element
Gold	Au (gold)	Native element
Hematite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxide
Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Oxide
Chalcopyrite	CuFeS <sub>2</sub>	Sulfide
Sphalerite	ZnS	Sulfide
Galena	PbS	Sulfide

# Bistveni, značilni in akcesorni minerali

- Bistveni minerali so tisti, ki jih kamnina mora vsebovati, da ustreza svojemu imenu. Ponavadi jih je v kamnini največ. So osnova mineraloške (terenske) klasifikacije kamnin.
- Značilni minerali so prisotni v manjši količini in ne vplivajo na ime kamnine. K imenu kamnine jih lahko dodamo kot pridevnik. Včasih pomagajo pri določanju pogojev nastanka kamnine.
- Akcesorni minerali so v kamninah zastopani le v nekaj odstotkih in nimajo vpliva na poimenovanje in klasificiranje kamnin.

# Zapomni si

- Kemične prvine nastajajo v zvezdah.
- Atomi se med seboj povezujejo tako, da si delijo ali izmenjujejo elektrone.
- Minerale klasificiramo po njihovi kemični sestavi.
- Minerale lahko prepoznamo po fizikalnih lastnostih, ki so posledica atomske strukture.
- Silikati so najpomembnejša skupina mineralov.
- Kristale določa njihova simetrija, ki sledi matematičnim pravilom.