

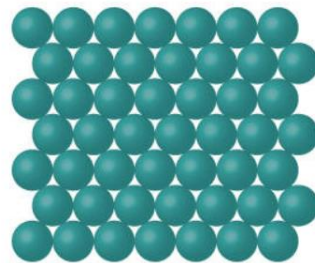
MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI



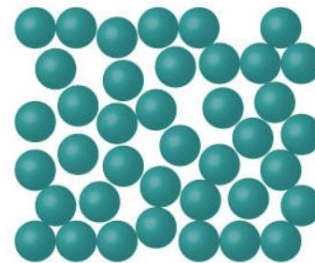
MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

UVOD

- **Mineralogija** (lat. *minerále* – ruda, grč. *lógos* – riječ, znanost) je znanost o mineralima koja proučava oblike minerala, njihova fizikalna, kemijska i optička svojstva, unutarnje građe, te uvjete i način postanka minerala.
- **Minerali** (lat. *minerále* – ruda) su, prema IMA (Internacionalna Mineraloška Asocijacija, 1995), elementi ili spojevi, a nastali u geološkim procesima.
- **Kristali** (grč. *krýstallos* - led) su kruta kristalizirana tijela omeđena plohama, koje se sijeku u bridovima, a bridovi u kutovima.



Kristalna građa



Amorfna građa

Slika: Unutrašnja građa kristala i amornog minerala

MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

UVOD

- Proces nastanka kristala naziva se **kristalizacija**.
- Temeljna svojstva kristala odnosno minerala su: **homogenost, anizotropija, simetrija i sposobnost rasta**.
 - **Homogenost** – je svojstvo kristala da u svakome svojem dijelu ima jednaku građu, kemijski sastav i fizikalna svojstva.
 - **Anizotropija** – je svojstvo kristala da ima jednaka svojstva u paralelnim, a različita u neparalelnim smjerovima.
 - **Sposobnost rasta** – je svojstvo kristala da se povećava ili raste pravilnim slaganjem materijalnih čestica usporedno s kristalnim plohama.
- **Amorfni minerali ili mineraloidi** – su minerali bez određene, pravilne unutrašnje građe ili strukture, ali određenog sastava koji se može izraziti kemijskom formulom.
- **Petrogeni minerali** izgrađuju stijene.



MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

KRISTALOGRAFIJA

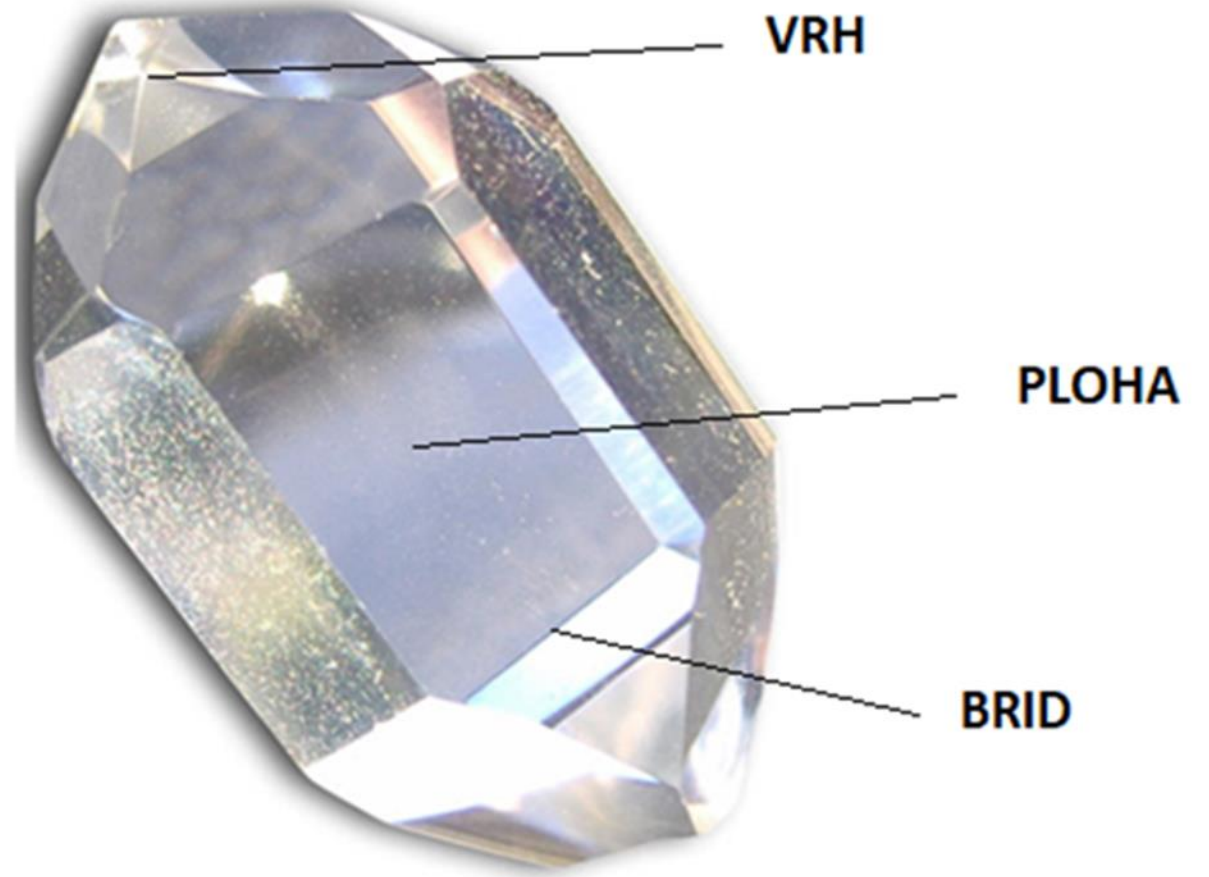
- **Kristalografija** – znanost o kristalima.

Razlikujemo:

- **Morfološku kristalografiju**: proučava vanjski oblik kristala
- **Strukturna kristalografija**: proučava unutrašnju građu kristala

GEOMETRIJSKI ELEMENTI KRISTALA:

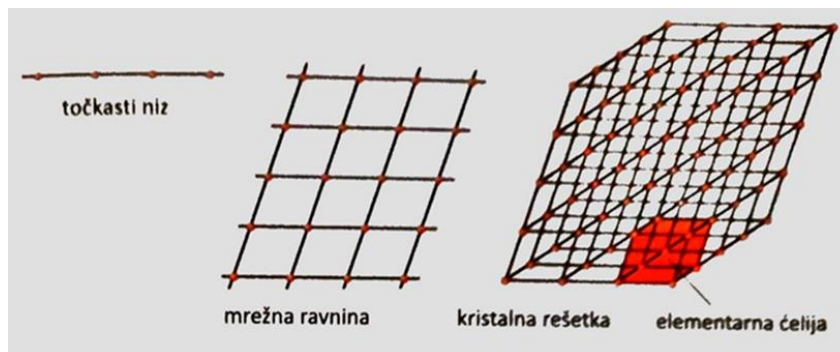
- Plohe, bridovi i vrhovi



KRISTALNA REŠETKA

Svojstvo minerala ovisi o njihovoj unutarnjoj građi odnosno strukturi a ono se predočava **pravilnom trodimenzionalnom rešetkom** u čijim vrhovima se nalaze **ioni, atomi i molekule**.

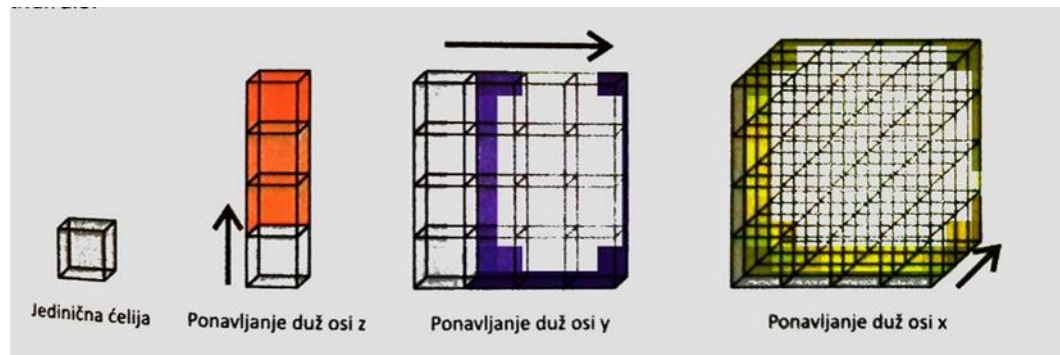
- Čvorovi rešetke nalaze se na usporednim pravcima na jednakim udaljenostima, tvoreći **točkasti niz**.
- **Mrežna ravnina**- tvore je točkasti nizovi koji imaju izgled mreže koji tvore kristalnu rešetku
- Temeljna jedinica kristalne rešetke je **jedinična ili elementarna ćelija**



Slika: Pravilna unutarnja građa kristala (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

KRISTALNA REŠETKA

- **Jedinična ili elementarna ćelija** ima oblik paralelopipeda, ponavlja se u kristalu periodički u tri pravca od kojih dva leže u istoj ravnini.



Slika: Ponavljjanje jedinične ćelije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

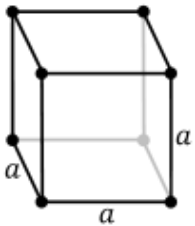
- **Jedinična ili elementarna ćelija** definira je **bridovima i kutovima** među njima.
- **Bridovi** jedinične ćelije tvore koordinatni sustav koji se u kristalografiji zove **osni križ** i određuje **kristalni sustav**

KRISTALNI SUSTAVI

- Kristalni sustav može biti **pravokutan i kosokutni**

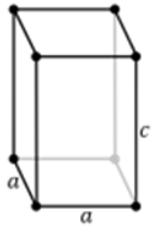
Definiran je:

- trima **kristalografskim osima a,b,c** i
- trima pripadnim **kutovima između osi: α** (između b i c), **β** (između a i c) i **γ** (između a i b).



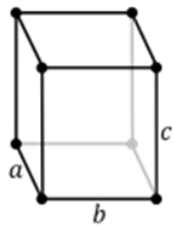
1. Kubični

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



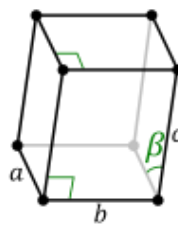
2. Tetragonski

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



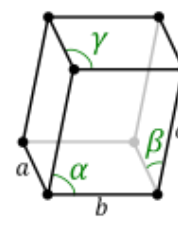
3. Rompski

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



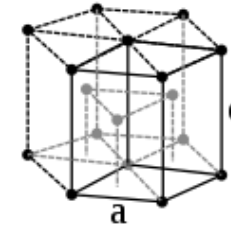
4. Monoklinski

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$$



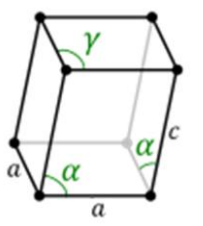
5. Triklinski

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



6. Heksagonski

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

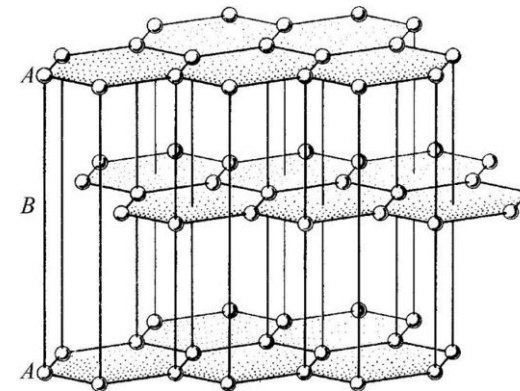


7. Trigonski

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

KEMIJSKE VEZE U MINERALIMA I TIPOVIMA KRISTALNIH REŠETKI

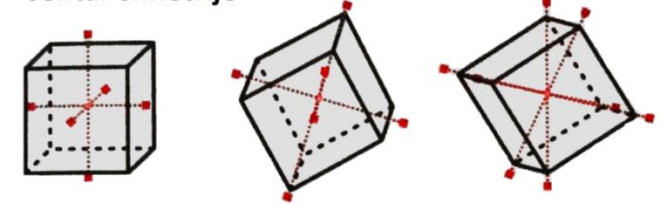
- Minerali se sastoje od **jednog** ili **više kemijskih elemenata**.
- Najmanji dijelovi kemijskih elemenata koji još imaju svojstva tog elementa su **atomi**.
- Tri osnovna tipa kemijskih veza: **ionska veza**, **kovalentna veza** i **metalna veza**.
- Kristali sa **ionskom vezom** - visoko talište i vrelište, niska elektrovodljivost (halit, florit, kalcit).
- Kristali sa **kovalentnom vezom** - velika tvrdoća, visoko talište, mala toplinska i električna vodljivost (dijamant, sfalerit).
- Kristali sa **metalnom vezom** - dobra električna i toplinska vodljivost (bakar, željezo)
- **van der Waalove sile** - pravilna kalavost, mala tvrdoća, niska električna i toplinska vodljivost (grafit)



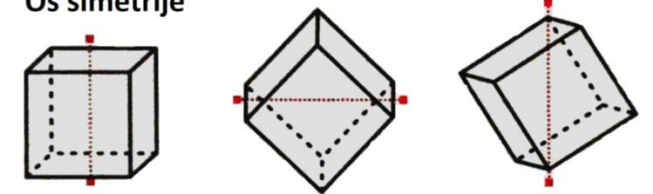
SIMETRIJA KRISTALA

- **Simetrija kristala** – uz homogenost građe, anizotropiju i sposobnost rasta jedno je od temeljnih svojstava kristala
- **Simetrijske operacije** koje ponavljaju istovrsne geometrijske elemente su **zrcaljenje**, **rotacija** i **inverzija**.
- **Elementi simetrije kristala** mogu biti **elementi makrosimetrije** i **elementi mikrosimetrije**.
- **Elementi mikrosimetrije** utvrđuje se istraživanjem **strukture kristala**
- **Elementi makrosimetrije** imaju odraz na vanjskoj simetriji, te su na osnovu njih kristali svrstani u 32 kristalna razreda.
- Jednostavni elementi makrosimetrije su:
 - **ravnina simetrije** – zamišljena ravnina koja prolazi središtem kristala i dijeli ga na zrcalno dva jednaka dijela (oznaka P ili m)
 - Simetrijska operacija je **zrcaljenje**

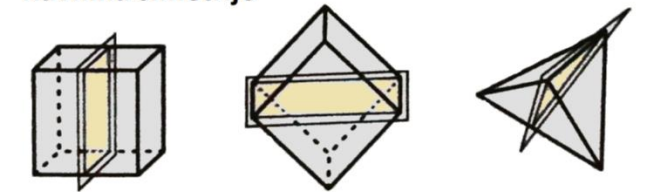
Centar simetrije



Os simetrije



Ravnina simetrije

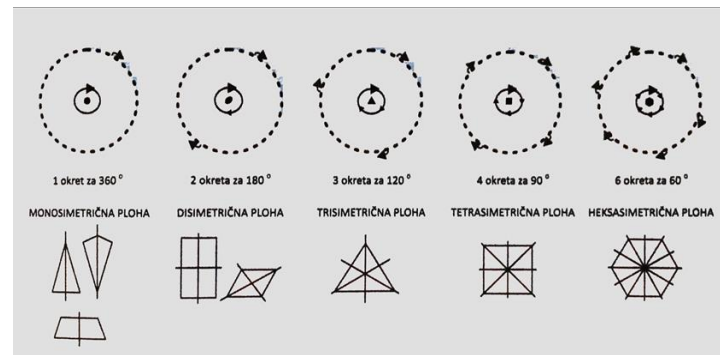


Slika: Jednostavni elementi makrosimetrije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”, 2010.)

SIMETRIJA KRISTALA

Rotacijska os simetrije ili gira - pravac koji prolazi kroz središte kristala oko koje se kristal može okrenuti 2,3,4, ili 6 puta unutar 360 stupnjeva a pri tome prikazuje istovrsni položaj

- Prema kutu zakreta razlikujemo **digiru, trigiru, tetragiru i heksagiru** (oznaka slovo L uz odgovarajući eksponent).
- Simetrijska operacija je **rotacija**.



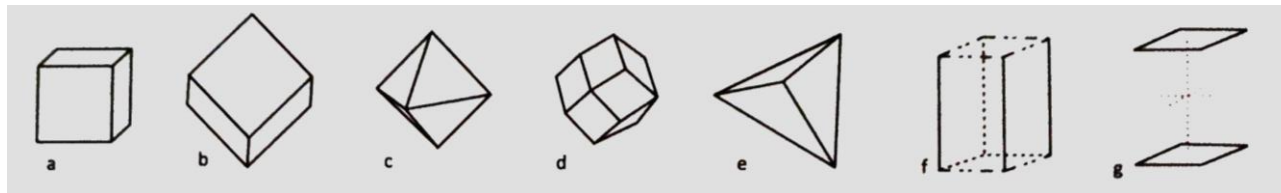
Slika: Rotacijske osi simetrije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”, 2010.)

Centar simetrije je točka u geometrijskom središtu kristala oko koje su svi granični elementi raspoređeni tako da identični parovi ploha, bridova i kutova leže na pravcima koji prolaze kroz tu točku

- Simetrijska operacija je **inverzija**.

KRISTALNA FORMA

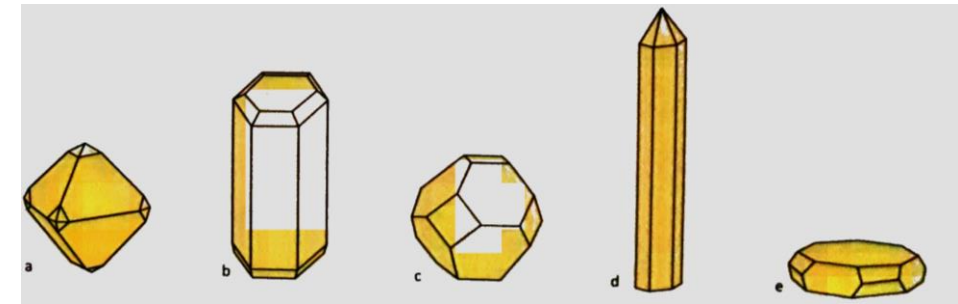
- **Kristalna forma** je skup simetrijski identičnih ploha koje su međusobno povezane elementima simetrije.
- Razlikujemo **zatvorene i otvorene forme**.
- **Zatvorena forma** – je forma čije plohe zatvaraju neki prostor (npr. Oktaedar)
- **Otvorena forma** - ne zatvaraju prostor (prizma)



Slika: Kristalne forma: Zatvorene forme a) heksaedar; b) romboedar; c) oktaedar; d) rompski dodekaedar; e) tetraedar
Otvorene forme: f) prizma; g) bazni pinakoid (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”, 2010.)

HABITUS, NEPRAVILNOST HABITUSA I NEPRAVILNOST UNUTARNE GRAĐE

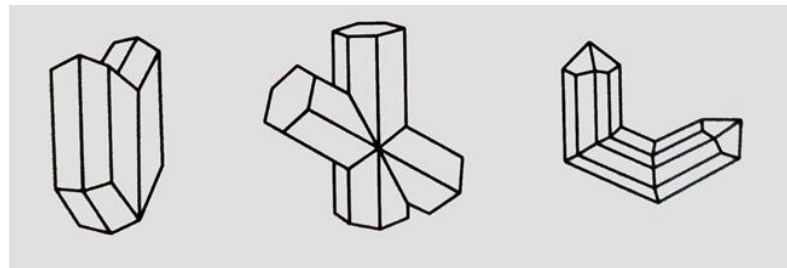
- **Habitus** – je vanjski izgled kristala i ovisi o unutarnjoj građi, te uvjetima kristalizacije i rasta. Habitus najčešće upućuje na kristalni sustav.
- Razlikujemo **izometrični**, **izduženi** i **pločasti** habitus
- Izometrični habitus može biti: zrnast i kuglast
- Izduženi može biti: stupićast i bačvast, štapićast, prutićast, igličast
- Pločasti može biti: debelopločast, tankopločast, lećast, ljuskav, listićav



Slika: Habitus kristala: a) oktaedarski; b) prizmatski; c) izometrični; d) izduženi; e) pločasti (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

ZASEBNI KRISTALI, SRASLACI I AGREGATI

- Prema broju minerala u nekoj morfološkoj jedinki razlikuju se **zasebni kristali, sraslaci i agregati**.
- **Zasebni kristali** su malobrojni u prirodi, slobodni su ili prirasli ovisno podlozi prostoru.
- **Sraslaci** – su prirodne tvorevine dvaju ili više kristala jednake ili različite mineralne tvari - **jednostruke** ili **višestruke** sraslace (polisintetski ili ciklički)
- Sraslaci - prema površini srastanja **dodirne** ili **prodorne**.
- **Agregati**: nakupine minerala s nepravilnim međusobnim odnosom pojedinaca u skupini. Razlikuju se **kristalni agregati** i **agregati amorfni minerala**



Slika: Sraslaci (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

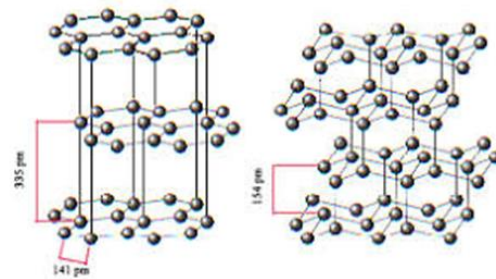
MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

KEMIJSKA I FIZIKALNA SVOJSTVA MINERALA

- Minerali se razlikuju po **kemijskim i fizikalnim svojstvima**.
- **Kemijska svojstva** minerala su: **kemijski sastav, izomorfija, polimorfija i sadržaj vode**
- **Fizikalna svojstva** minerala su: **kohezijska** (tvrdoća, kalavost, lom, kovnost i elastičnost), **optička, toplinska, električna, magnetična i fiziološka, radioaktivnost i gustoća**.
- **Kemijski sastav** – izražava se kemijskom formulom i jedno je od svojstava koje definiraju mineral.
 - elementi zastupljeni u litosferi: kisik, silicij, aluminij, željezo, kalcij, natrij, kalij i magnezij.

KEMIJSKA SVOJSTVA

- **Izomorfija:** pojava da mineral različitog ali analognog kemijskog sastava imaju različite kristalne rešetke i slična svojstva, te tvore izomorfne smjese ili mješance.
- **Polimorfija:** je pojava kada minerali jednakog kemijskog sastava imaju različita kristalografska i fizikalna svojstva, najčešće zbog različitih uvjeta kristalizacije odnosno imaju različite kristalne strukture.



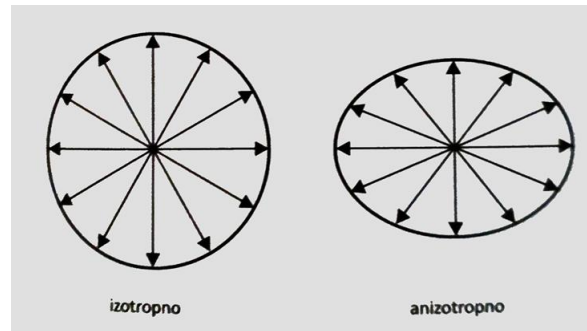
- Primjer polimorfije: Grafit i dijamant
- **sadržaj vode:** konstitucijska voda, kristalna voda, adsorpcijska voda, međuslojevitna voda, zeolitna voda, higroskopna voda i mehanički uklopljena voda

FIZIKALNA SVOJSTVA

- Fizikalna svojstva minerala odraz su njegove unutrašnje građe.

Razlikuju se:

- **Izotropni minerali** – su minerali čija su svojstva jednaka za svaki promatrani smjer
- **Anizotropni minerali** – su minerali kod kojih postoje veće ili manje razlike u fizikalnim svojstvima, ovisno o smjeru u kojem se promatra to svojstvo.



Slika: Prikaz izotropije i anizotropije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)



FIZIKALNA SVOJSTVA

- Fizikalna svojstva minerala mogu biti **vektorska i skalarna**.
- **Skalarna svojstva** ne ovise o smjeru i jednaka su u svim smjerovima.
- Skalarna: **gustoća, fiziološka i radioaktivna svojstva**
- **Vektorska svojstva** ovise o smjeru i različita su u različitim, a jednaka u paralelnim smjerovima.
- Vektorska: **kohezijska, optička, toplinska, električna i magnetska svojstva**

FIZIKALNA SVOJSTVA

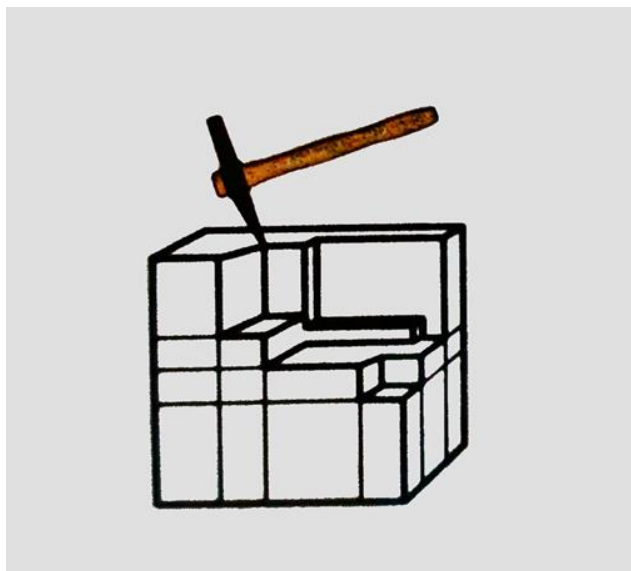
- Kohezijska svojstva minerala su: **tvrdća, kalavost, lom, elastičnost i kovnost**
- **Kohezija** – sila koja djeluje u kristalnoj rešetki zbog koje su materijalne čestice na stalnoj udaljenosti
- **Tvrdća** - mjera kojom se mineral opire djelovanju mehaničke sile na njegovu površinu (paranje, utiskivanje, odskoku ili bušenje)
- Apsolutna i relativna tvrdća

Mineral	Mohs tvrdća	Para ih	Mineral	Mohs tvrdća	Para ih
Talk	1	Nokat	Ortoklas	6	Paraju staklo
Gips	2	Nokat	Kvarc	7	Paraju staklo
Kalcit	3	Bakreni šiljak	Topaz	8	Paraju staklo
Fluorit	4	Čelični nož	Korund	9	Paraju staklo
Apatit	5	Čelični nož	Dijamant	10	Paraju staklo

Tablica: Mohsova ljestvica tvrdće

FIZIKALNA SVOJSTVA

- **Kalavost** – je svojstvo minerala da se zbog djelovanja sile pravilno lomi po određenim smjerovima u kristalu.

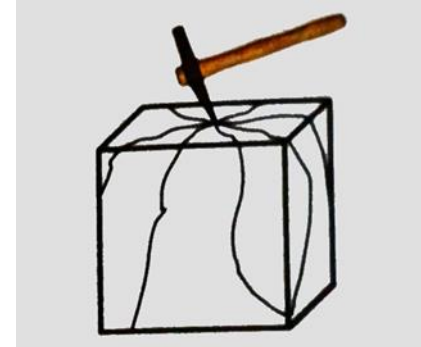


Slika: Kalavost minerala (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”, 2010.)



FIZIKALNA SVOJSTVA

- **Lom minerala** – je kidanje minerala zbog djelovanje sile, kada je kohezija podjednaka u svim smjerovima (kod minerala koji imaju slabu kalavost).
- Lom može biti: školjkast, kukast, zrnat, vlaknast, stupast, zemljast



Slika: Lom minerala (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

- **Elastičnost minerala** – svojstvo minerala da se deformira tijekom djelovanje sile, a da se pri prestanku djelovanja sile vrate u prvobitno stanje.
- **Kovnost minerala:** svojstvo minerala da se pod djelovanjem mehaničke sile stanje a ne pucaju.

FIZIKALNA SVOJSTVA

- Optička svojstva minerala su: **prozirnost, boja i sjaj**
- Toplinska svojstva minerala: **toplinska vodljivost, toplinsko širenje i taljivost**
- Glavno **električno svojstvo minerala** je **vodljivost elektriciteta**
- **Magnetična svojstva** minerala ovise o unutrašnjoj građi minerala. S obzirom na magnetična svojstva minerali mogu biti: **feromagnetni, paramagnetni i dijamagnetni**
- **Fiziološka svojstva** minerala su: **okus, miris i opip** (skalarno svojstvo)
- **Radioaktivno svojstvo minerala** (skalarno svojstvo)



Uranit



Torij



MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

POSTANAK MINERALA

- S obzirom na **postanak minerala** razlikujemo:

1. Minerale magmatskog postanka
2. Minerale sedimentnog postanka
3. Minerale metamorfnog postanka
4. Minerali nastali u kori trošenja

1. Minerali magmatskog postanka

- Nastaju iz magme, prirodne taljevine kompleksnog, pretežito silikatnog sastava u unutrašnjosti Zemlje.
- Ovisno o **temperaturi i tlaku** razlikujemo:
 - **Pirogene ili magmatske minerale**



Slika: Plagioklas



- **Pegmatitni minerali**

Slika: Crni turmalin

Slika: Beril



- **Pneumatolitni minerali**

Slika: Volframit

Slika: Hematit



- **Hidrotermalni minerali**

Slika: Galenit (Pb)

Slika: Cinabarit (Hg)





2. Minerali sedimentnog postanka

- Nastaju u površinskim dijelovima Zemljine kore.

- **Hidatogeni minerali**

Slika: sige



- **Evaporitni minerali**

Slika: halit , pustinja ruža



- **Organogeni minerali**

Slika: sedra



3. Minerali metamorfnog postanka

- Nastaju metamorfozom ili preobrazbom već postojećih minerala magmatskog, sedimentnog ili metamorfnog postanka bez njihovog otapanja ili taljenja.

Slika: Granat



4. Minerali kore trošenja

- Nastaju procesom trošenja stijena na površini i neposredno ispod površine Zemlje do razine vode temeljnice, pri relativno niskom tlaku i temperaturi.
- Procesi koji dovode do postanka minerala u kori trošenja: **hidratacija, redukcija, karbonizacija i biokemijski procesi**

Slika: Brucit



MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

SISTEMATIKA PETROGENIH MINERALA

- Najvažnija skupina minerala koji formiraju stijene i pojednostavljena kristalokemijska klasifikacija na:

1. Elemente

2. Okside i hidrokside

3. Karbonate

4. Silikate

5. Sulfide

6. Sulfate

7. Halogenidi

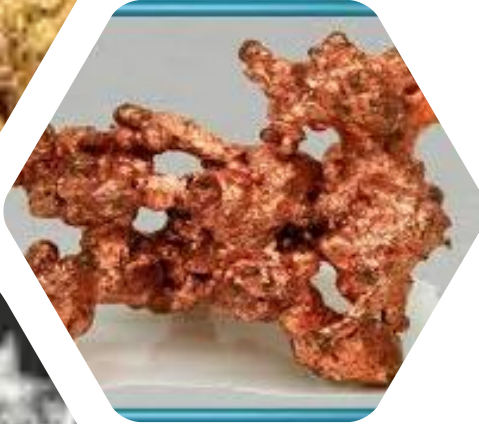
8. Fosfati

Učestalost mineralnih skupina u litosferi:

- Silikati >75% (feldspati 57,9%), oksidi i hidroksidi 17%(kvarc 12,6%), karbonati 1,7% (uglavnom kalcit i dolomit), i ostali manje od 6% (fosfati, kloridi, sulfidi, sulfati, samorodni elementi)



Zlato



Bakar



Zlato

1. Elementi

- Podijeljeni su na metale, polumetale i nemetale.
- **Metali** – vrlo se često nalaze u litosferi kao samородni.
- Svojstva su im neprozirnost, metalni sjaj, mala tvrdoća, dobra električna i toplinska vodljivost.
- Od metala koji se pojavljuju u elementarnom stanju: bakar, srebro, zlato, platina, željezo, olovo.

Srebro



Selen



Bizmut



Arsen

1. Elementi

- **Polumetali** - imaju slična svojstva metalima kao što je metalni sjaj i gustoća.
- Nisu kovni, kalavi, pri udaru rasprsnu se na komade.
- U prirodi se javljaju kao impregnacije - arsen, antimon, bizmut, selen.

1. Elementi

- **Nemetali** - su skupina koja sadrži mali broj međusobno vrlo različitih minerala.
- Tvore kristale, prozirni su, nisu kovni i ne provode el. struju.
- Poznati su sumpor i dvije polimorfne modifikacije ugljika grafit i dijamant.



Sumpor



Dijamant



Grafit

Oksidi i hidroksidi

- **Oksidi** su najčešće spojevi metala, a rjeđe polumetala ili nemetala s kisikom, a
- Oksidi imaju relativno **veliku gustoću i tvrdoću**, a hidroksidi **manju gustoću i tvrdoću**, **kalaju se**, različitih su boja.
- Od **oksida** izdvajaju se: voda, kvarc, kuprit, korund, hematit, ilmenit, magnetit, kromit, rutil, kasiterit.

Oksidi - Voda

- Najveća važnost među oksidima
- Tri agregatna stanja
- Česta u kemijskom sastavu mnogih minerala

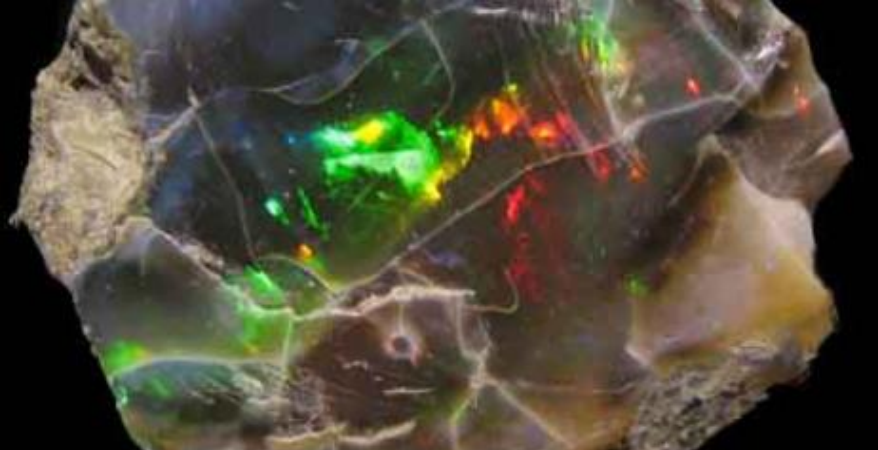


Oksidi - Kvarc

- Kvarc -važan je sastavni dio litosfere, u kojem mu maseni udio iznosi 12% i najrasprostranjeniji je mineral u Zemljinoj kori.
- Staklastog sjaja, nema kalavosti, velike tvrdoće (7), različitih boja
- Alokromatski mineral
- Glavni sastojak pijesaka i pješčenjaka (otporan na trošenje)
- Nalazišta: Moslovačka gora, Žumberačka gora, Lik; Zrinska gora, Brazil
- Primjena: električne komponente, optička oprema, satovi, abrazivni materija,

nakit





Oksidi

Opal – ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) amorfni mineral koji nastaje taloženjem iz hladnih otopina, iz toplih otopina te biogeno.

Nalazišta: Lepoglava, Topusko, Brač i Australija.

Primjena: nakit, brusni materijal, keramika

Hematit - (Fe_2O_3) je crno do sive boje, sadrži 70% željeza. Hematit je važna ruda željeza, a rabi se i za proizvodnju boja, taljiva i nakita.

Nalazišta: Samoborska gora, Petrova gora, Medvednica, Lika, Italija, Brazil, UKrajnina, Meksiko, BiH.

Magnetiti – (Fe_3O_4) nastaje magmatski i metamorfno. Sadrži 72% željeza, vrlo je magnetičan, a boja i ogeb su mu crni. Magnetit je vrlo važni rudni mineral željeza, a najviše se primjenjuje u industriji čelika.

Nalazišta: Medvednica, Gorski kotar, Lika, Rusija, Norveška, Brazil

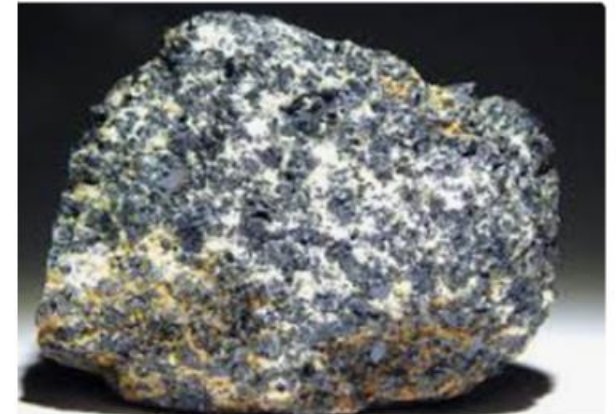
Korund - (Al_2O_3) - nastaje magmatski ali i kontaktnom metamorfozom. Upotrebljava se u proizvodnji brusnih proizvoda i ležajeva, a prozirni za izradu nakita.

Vrijeteti: safir, rubin, ametist, topaz, smaragd

Ležišta: Tajland, Burma, Gršla, Kašmir, Makedonija

Oksidi

- **Kasiterit** - SnO_2 nastaje pegmatitno, pneumatolitno i hidrotermalno, nalazi se i u nanosima
- sadrži 78% kositra, tvrdoća 7.
- Boja: žuta, smeđa ili crna; svjetlosmeđeg ogreba; metalan i dijamantni sjaj
- Nalazišta: Rusija, Indonezija, Kina, Malezija, Bolivija
- Kasiterit - glavna ruda kositra.
- Upotrebljava se za proizvodnje bijele boje u glazurama, te ponekad i nakita.
- **Kromit** - FeCr_2O_4 nastaje magmatski.
- Tvrdoća 5,5; boja crna; smeđ ogreb; polumetalni sjaj.
- U Hrvatskoj se nalazi kao sporedan sastojak stijena koje sadrži olivin
- Nalazišta: Albanije, Makedonija, Srbija, Njemačka, Rusija, Iran.
- Kromit je jedina važna ruda kroma.
- Kao otparan mineral može se akumulirati u pješčanim nanosima.



Hidroksidi

- **Hidroksidi** su najčešće spojevi metala, a rijede polumetala ili nemetala s s hidroksilnom skupinom (OH^-)
- **Hidroksidi aluminija** su **hidrargilit** $\text{Al}(\text{OH})_3$ ili **gipsit**, **dijaspore**, $\alpha\text{-AlOOH}$ i **bemit** $\gamma\text{-AlOOH}$ i glavni su minerali **boksita**.
- **Boksit** sadrži 46 do 70% Al_2O_3 , tvrdoća (2,5-3); zemljast lom; boja bijela ili žućkasta, a s primjesama hidroksida željeza i organske tvari crven ili smeđ.
- Glavna je ruda aluminija, za dobivanje galija, sintetičkog korunda i spinela, aluminijevih soli. Služi kao abraziv i refraktorni materijal te za proizvodnju posebnih vrsta cementa.
- Nalazišta: Karbonatne stijene Istre, Gorski kotar, Lik, Dalmacija, BiH, Grčka, Španjolska, SAD, Gana
- **Gipsit** – $\text{Al}(\text{OH})_3$ nastaje u kori trošenja i hidrotermalnom metamorfozom. Srebrno bijele boje, sivkaste ili zelenkaste, bijeli ogreb. Rabi se za dobivanje aluminija i vatrostalnih posuda
- Nalazišta: Drniš, Knin, Ruija, Francuska, Grčka



Hidroksidi

- **Dijaspor** – $\alpha\text{-AlOOH}$ nastaje kontaktnom i hidrotermalnom metamorfozom minerala aluminija, u kori trošenja
- Tvrdća od 6,5 do 7; Bijel je sa primjesama sivkast, žućkast, zelenkast, crvenkast ili ljubičast; ogreb bijel, staklast sjaj, izuzev sedefastog na plohama kalavosti.
- Nalazišta: Lika a u svijetu Grčka, Rusija, Švicarska
- Rabi se za dobivanje aluminija te za proizvodnju vatrostalnih posuda
- **Bemit** - $\gamma\text{-AlOOH}$ od dijaspora se razlikuje po unutrašnjoj građi i tvrdoći (3)



Hidroksidi

- **Hidroksidima** željeza pripadaju **getit**, α -FeOOH i **lepidokrokrit** γ -FeOOH, glavni sastojci **limonita**
- **Limonit** – je smjesa hidroksida željeza, mikrokristalastih, kriptokristalastih, kao i amorfni, te promjenjive količine P, Mn, Al, Si, V.
- Glavni sastojak limonita je 62% Fe
- Nastaje u kori trošenja
- Relativna tvrdoća ovisi o sastavu i strukturi; školjkast i zemljast lom; Neproziran je, žut, smeđ ili crn; smeđežut ogreb
- U Hrvatskoj nalazišta: Petrova Gora, Zrinska gora, te kod Drniša
- U svijetu nalazišta: BiH, Njemačka Ukrajina, Kuba, Kanada, SAD.
- Limonit nije kvalitetna ruda, žuti oker upotrebljava se za proizvodnju boja, te pripremu glina za modeliranje.



Hidroksidi

- **Getit** – (FeOOH) nastaje u oksidacijskoj zoni kore trošenja iz minerala željeza, a može nastati i sedimentno. Rijetki kristali su sitni i imaju igličasti habitus. Koristi se kao ruda željeza, oker boje, nakita.
- **Lepidokrokit** – od getita se razlikuje po strukturi. Crvene je boje, te ga još nazivamo rubinski tinjac
- Nalazišta: Italija, SAD, Indija, Japan





Karbonati

- Nastaju taloženjem iz toplih i hladnih voda, manjim dijelom raspadanjem magmatskih minerala koji u sebi sadrže kalcij, magnezij i željezo.
- Poznato oko 200, mali broj u Zemljinoj kori i izgrađuju sedimentne stijene (vapnence i dolomite)
- Tri skupine bezvodnih karbonata:
 - **Skupina kalcita:** kalcit, magnezit, siderit, simsonit, rodohrozit
 - **Skupina dolomita:** dolomit, ankerit
 - **Skupina aragonita:** aragonit, stroncijanit, viterit, ceruzit

Zajednička svojstva su im **tvorba izomorfni smjesa, topljivost u kiselinama** uz burno oslobađanje ugljičnog dioksida CO_2 , **mala relativna tvrdoća** i općenito **jasne boje**.

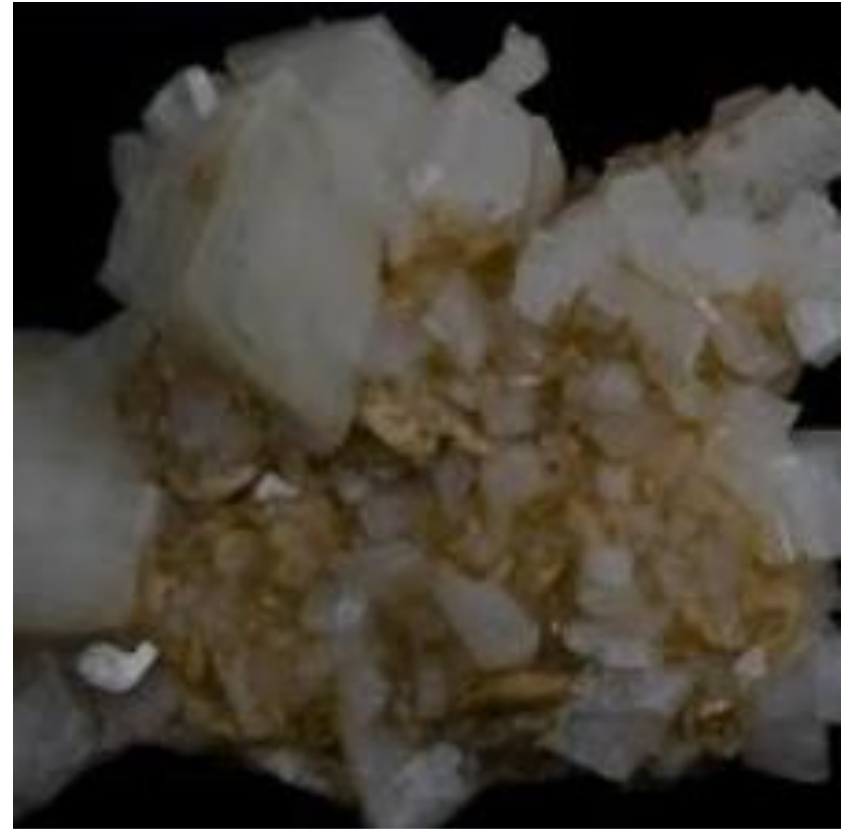
Karbonati

- **Kalcit** – (CaCO_3) jedan od najzastupljenijih minerala u kori i glavni element u stijeni koja se zove vapnenac.
- Nastaje najčešće sedimentno, i to hidatogeno, evaporitno i organogeno u morskim i slatkovodnim bazenima.
- Mineral s najvećim brojem kombinacija kristalnih formi.
- staklastog i sedefastog sjaja izražene kalavosti, bezbojan i proziran, ali sa primjesom može biti i različitih boja.
- Otapa se u klorovodičnoj kiselini po čemu se razlikuje od dolomita.
- Važan petrogeni mineral, bitan sastojak vapnenaca, mramora i njihovih breča, vapnenačkih pješčenjaka i lapora.
- U vodi kao što je atmosferska, koja sadrži ugljične kiseline, kalcit se otapa dajući lako topivi kalcijski karbonat, a iz vode se može ponovno izlučiti kalcit, na taj način nastaju sige u spiljama, a uz slapove krških rijeka sedra.
- Kalcit u Hrvatskoj izgrađuje ogromne mase karbonatnog ili vapnenačkog gorja koje se proteže usporedno s obalom Jadranskog mora.
- Kao sastojak monomineralne stijene vapnenca i mramora ima veliku primjenu u građevinarstvu (**polazna sirovina za pripremu vapna i važna komponenta u pripremi cementa**) kiparstvu.
- Rabi se u medicini i farmaciji, pa čak i za proizvodnju nakita.



Karbonati

- **Dolomit** – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ magnezijski vapnenac, nastaje magmatski, sedimentno i metamorfno.
- Dvosloj je magnezijsko kalcijskog karbonata sa omjerom 1:1
- Nastaje, magmatski, sedimentno i metamorfno.
- Sličan je kalcitu ali je manje topiv.
- Otapa se u vrućoj klorovodičnoj kiselini.
- Izražene je kalavosti, bezbojan, žućkast ili crn. Ogreb mu je bijel, a sjaj staklast i sedefast.
- Ako je sadržaj izomornog željeza u dolomitu velik on prelazi u ankerit.
- Dolomit u Hrvatskoj izgrađuje ogromne mase karbonatnog ili vapnenačkog gorja koje se proteže usporedno s obalom Jadranskog mora.
- Najvažnija svjetska nalazišta su u Italiji, Austriji, Kosovu, Njemačkoj.
- Temeljna primjena dolomita je u građevinarstvu, primjerice za posipanje cesta i za proizvodnju cigle.
- Upotrebljava se i u proizvodnji kao taljivo, kemikalija, umjetna gnojiva, a bezbojni za ukrase i nakit.



Karbonati

- **Aragonit** – (CaCO_3) nastaje sedimentno, te u kori trošenja.
- Može biti različitih boja i upotrebljava se kao ukrasni kamen (željezni cvijet).
- Nalazišta: Varaždinske toplice, Njemačka, Češka, Grčka
- **Magnezit** - (MgCO_3)- nastaje metamorfozom, hidatogeno te hidrotermalno i pegmatitno.
- Bijele i sive boje, staklast i svilenast sjaj
- Koristi se kao dodatak nekim cementima za povezivanje pri povišenim temperaturama, kao sirovina za dobivanja magnezija



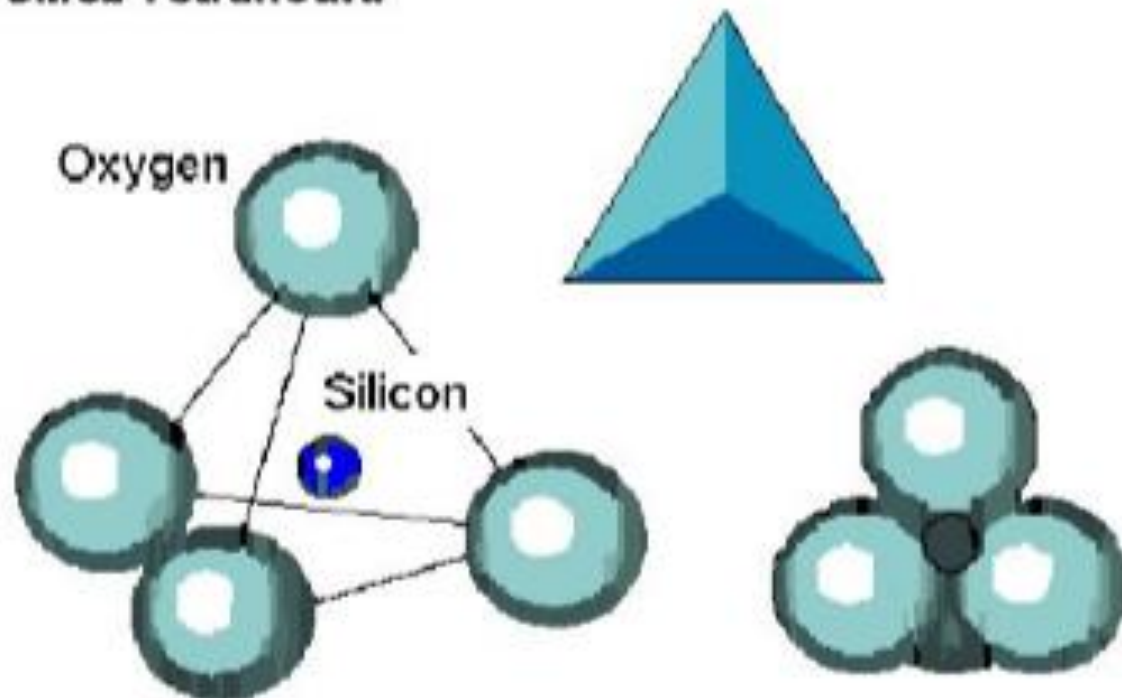
3. Karbonati

- **Ankerit** - $\text{CaFe}(\text{CO}_3)$ – nastaje hidrotermalno i metasomatski. Bijele je boje, žute, sive ili smeđe, staklast ili sedefast sjaj.
- Nalazišta: Češka, BiH, Italija.
- Ruda siromašna željezom i nije važna u gospodarstvu.
- **Siderit** – (FeCO_3) – nastaje hidrotermalno i hidatogeno u redukcijskim uvjetima, a vrlo rijetko i metamorfno.
- Sadrži 48% željeza, sive je boje, a zbog oksidacije u limonit često je žućkastih tonova.
- U Hrvatskoj ga ima u blizini Samobora, na Medvednici, Petrovoj te Zrinskoj gori. Svjetska nalazišta u Francuskoj, Italiji, Njemačkoj, Velikoj Britaniji.
- Siderit se primjenjuje kao ruda iz koje se dobiva željezo, te kao sirovina za proizvodnju crvene i smeđe boje.

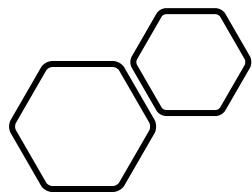


4. Silikati

Silica Tetrahedra

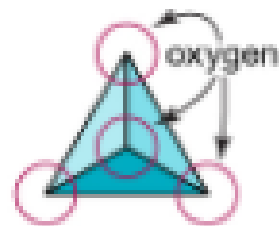


- **Silikati** su **glavni sastojci magmatskih stijena** ima ih i metamorfnim i sedimentnim stijenama
- Najrasprostranjenija skupina petrogenih minerala
- Zajedničke značajka silikata su vrlo **mala topljivost** i **visoka temperatura tališta**, relativno **velika kemijska postojanost** i često **složen mineralni sastav**.
- Temeljna strukturna jedinica je **$(\text{SiO}_4)^{4-}$ tetraedar** u čijem središtu se nalazi mali ion Si^{4+} , a na vrhovima veliki ioni O^{2-} .



4. Silikati

- Različitim načinom povezivanja tetraedara nastaje šest različitih tipova, odnosno skupina silikatnih minerala
 - **Nezosilikati** - SiO_4 -tetraedru su **slobodni** i poput otoka međusobno vezani kationima (olivin, granati, cirkoni, topaz)
 - Zbog zbijene rešetke imaju veliku tvrdoću i malu kalavost.



Slika: Granat

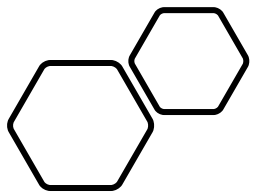


Slika: Olivin



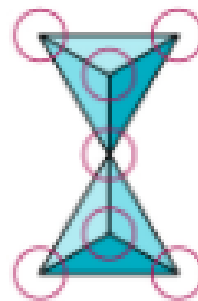
Slika: Topaz





4. Silikati

- **Sorosilikati** – dva SiO_4 - **dvostruke silikatne tetrade** u kojima je omjer silicija i kisika 2:7, tj. Si_2O_7 (coisit, epidot, vezuvijan).
- Minerali kod kojih se tetraedri u strukturi dodiruju s jednim vrhom, odnosno dijele jedan atom kisika
- nastaje metamorfno uz prisustvo vode, tvrd, dobro se kala



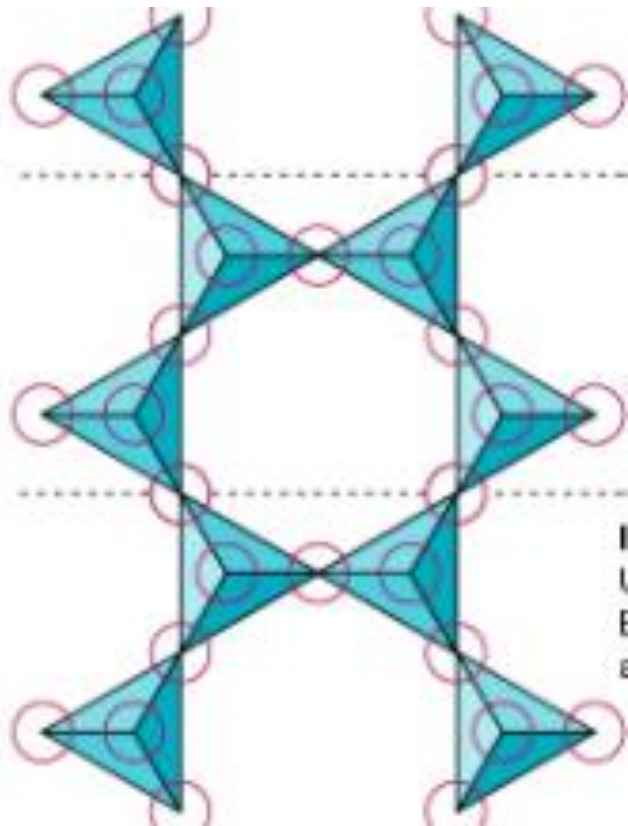
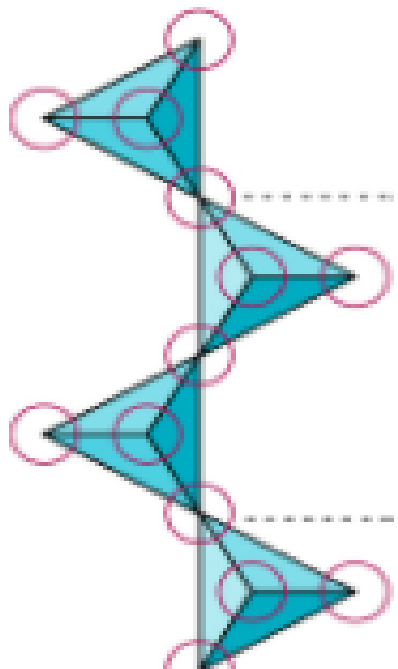
Slika: Epidot



Slika: Coisit

4. Silikati

- **Inosilikati** - SiO_4 -tetraedri su preko kisika vezani u beskonačne ravne nizove
- **jednostruke lance** gdje odnos silicija i kisika 1:3 (pirokseni)
- Tvrdća silikata je 5 i 7, savršeno su kalavi
- Silikati kalcija, magnezija i željeza
- **dvostruki lanac** odnosno 4:11 (amfiboli)
- Uz feldspate i piroksene najrasprostranjeniji petrogeni minerali
- Sastojci magmatskih i metamorfnih stijena
- Nalazišta: Papuk, Psunj, Austrija, Italija, Češka i Norveška



Pirokseni



Augit



Hipersten



Enstatit



Diopsid

Amfiboli



Termolit



Horblenda

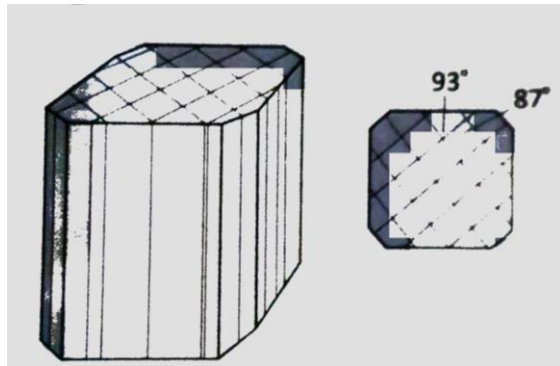


Aktinolit

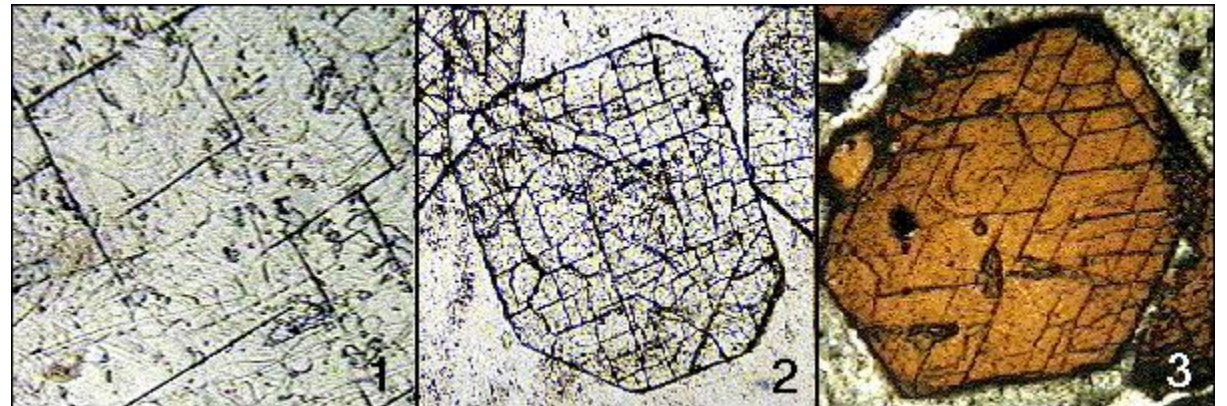
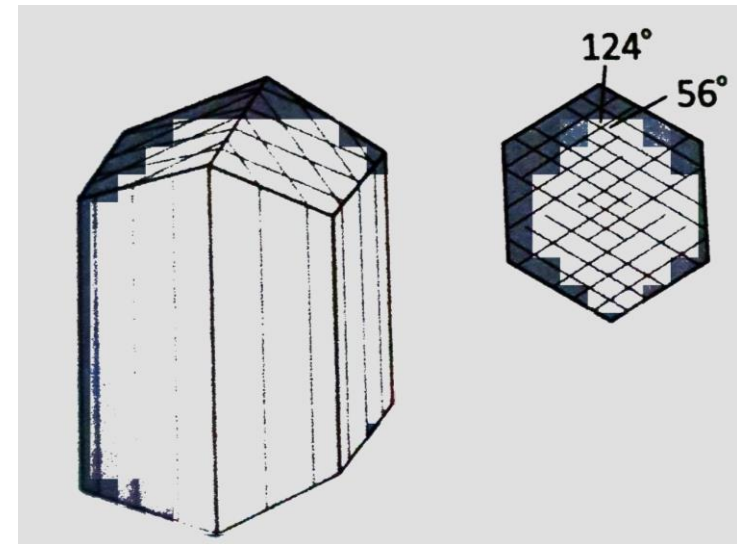


Glaukofan

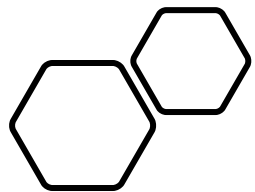
4. Silikati



Kalavost piroksena



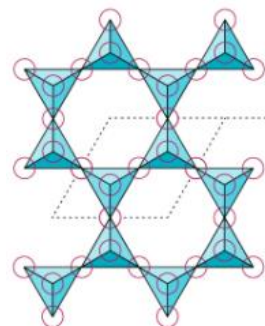
Kalavost amfibola



4. Silikati

- **Filosilikati** – SiO_4 -tetraedri tvore mrežu ili vez,
- u tetraedrima je omjer silicija i kisika 2:5 (tinjci, kloriti, srpentin, minerali glina)
- Savršena kalavost
- Kaolinit se rabi u proizvodnji cementa
- Nalazišta: H. Kostajnica, Banovina, Moslovačka gora, Češka, Francuska
- Montmorilonit u dodiru sa vodom bubri i povećava volumen 2,5 puta – klizanje terena i može prouzročiti pucanje i rušenje građevinskih objekata
- Primjena: isplaka pri bušenju za vađenje sirove nafte, u građevinarstvu pri injektiranju.
- Zbog bubrenja u dodiru sa vodom štetna je komponenta u svim materijalima (pijesku, šljunku, vapnu) koji e upotrebljava u građevinarstvu.
- Nalazišta: Gospić, Drniš, Francuska, Italija, Njemačka

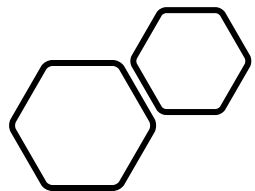
Montmorilonit



Slika: Mineral gline -Kaolinit

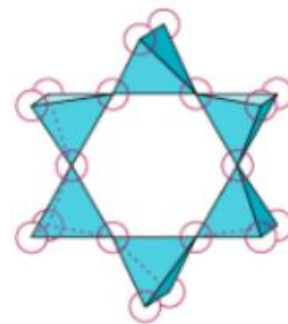


Slika: Tinjci - biotit



4. Silikati

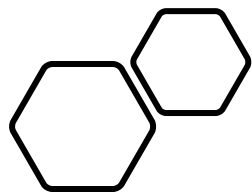
- **Ciklosilikati – prstenasta struktura** vezivanja tetraedra
- Tetraedri se vežu preko dva zajednička vrha sa susjednim tetraedrom
- Sastoje se od 3,4,ili 6 povezanih tetraedara
- vrlo visoke tvrdoće (7 i 8)
- beril, turmalin



Turmalin

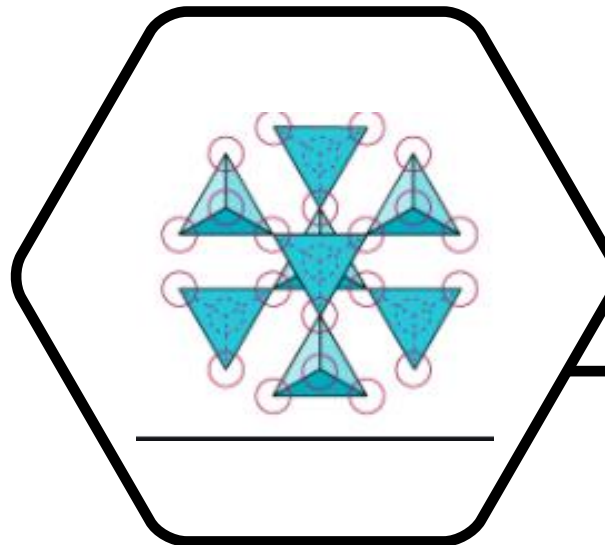


Beril



4. Silikati

- **Tektosilikati** - SiO_4 -tetraedri tvore **prostorni vez** u kojima je omjer silicija i kisika 1:2 (kvarc, feldspati, plagioklasi, feldspatoidi, zeolit).
- Ovo je najveća grupa silikata, a njeni minerali čine gotovo 75% kore Zemlje.
- Najvažnija skupina su feldspati i zeoliti
- Feldspati su alunosilikati K, Na i Ca
- Najrasprostranjeniji i najvažniji petrogeni mineral i čini 60% mase Zemljine kore
- Izgrađuje 60% magmatskih, 30% metamorfnih i 10% sedimentnih stijena
- Trošenjem prelaze u serecit i minerale gline
- Tvrdoka 6 i dva sustava kalavosti
- Dije se na alkalijske feldspate i plagioklase



Zeolit - Stilbit



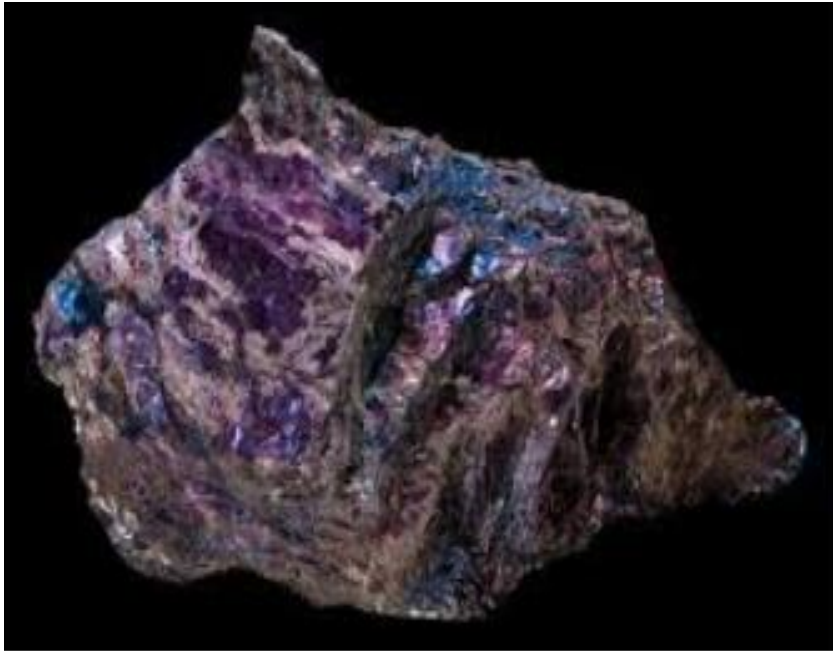
Slika: Feldspati



Slika: Plagioklasi

5. Sulfidi

- Sulfidi su **spojevi jednog ili više metala** (Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Ag) ili polimetala (As, Sb, Bi, Se, Te) **sa sumporom**
- Nastaju kao rezultat hidrotermalnih procesa u rudnim žilama
- Tvrdća 4, velika gustoća, metalni sjaj, neprozirni
- pirit, galenit, cinabarit i kovelin



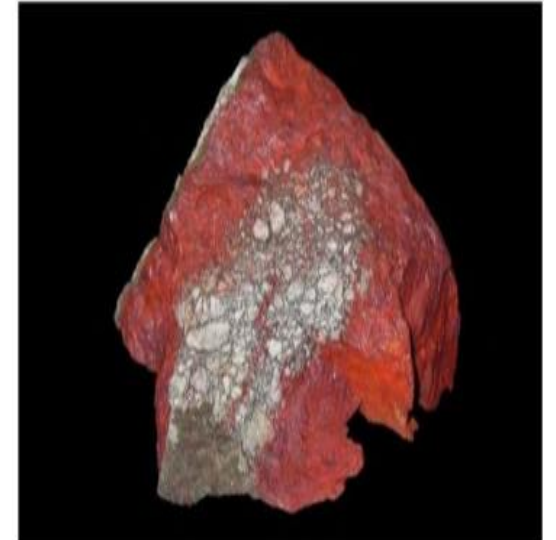
KOVELIN



PIRIT



GALENIT



CINABARIT

5. Sulfidi



Halkopirit



Sfalerit



Auripigment

Sulfati

- Sulfati su soli sulfatne kiseline i česti su u Zemljinoj kori.
- Nastaju u **oksidacijskoj sredini** pri relativno niskim temperaturama, tvorbom kompleksnog aniona $(\text{SO}_4)^{2-}$.
- Mekani su, svijetle boje
- Poznati minerali ove skupine su: **gips** ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$), **anhidrit** (CaSO_4), **barit** (BaSO_4) i **halkantit ili modra galica** ($\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$).



gips



anhidrit



halkantit ili modra



barit



Sulfati

- **Gips**- nastaje hidatogeno i evaporacijom izmjenom anhidrita na površini zemlje.
- Mekan, staklastog sjaja, bezbojan.
- Zagrijavanjem gubi kristalnu vodu pri 120-130 °C, nastaje poluhidrat.
- Dodatkom vode takvom poluhidratu nastaje kaša u kojoj započinje proces rekristalizacije i ona brzo očvrсне u **štukaturni gips**.
- Dodatkom vode gipsu prethodno zagrijanom na temp. od 500 °C nastaje veoma tvrdi **hidraulični gips**.
- Nalazišta: Samobor, Lika, Sinj, Knin, Njemačka, Italija.
- Primjena: kiparstvo, **građevinarstvo, od arhitektonskih ukrasnih detalja do izrade montažnih građevinskih objekata**, medicina, zubarstvo, maziva, umjetna gnojiva
- **Anhidrit** – nastaje evaporacijom iz morske vode visokog saliniteta i temperature iznad 42°C (pri nižoj temperaturi i koncentraciji nastaje gips).
- Praškasti anhidrit prima vodu i prelazi u gips uz znatno povećanje volumena.
- Kala se vrlo dobro, tvrdoća oko 3, bezbojan, bijel.
- Nalazišta kod Zadra, Sinja, Samobora, Austrija, Francuska, Njemačka, VB, SAD.
- Koristi se izradu sulfatne kiseline, u **građevinarstvu kao vezivo i ukrasni kamen**, gnojivo.



7. Halogenidi

- Halogenidi – su soli klorovodične (HCl), fluorovodične (HF), jodovodične (HI) i bromovodične (HBr) kiseline pa se razlikuje kloridi, fluoridi, jodidi i bromidi.
- Najčešći minerali iz te skupine nastaju kristalizacijom iz morske vode,
- Prozirni, bezbojni
- Halogenidi su tipični ionski kristali
- Glavna značajka halogenida je topljivost u vodi
- Najznačajniji minerali topivi u vodi su: halit ili kamena sol, silvin a ne topiv je fluorit



Halit



Fluorit

8. Fosfati

- **Fosfati** – soli fosfatne kiseline.
- Po kemijskom sastavu fosfati su relativno složeni spojevi.
- Mnogobrojni minerali sadrže vodu, hidroksilnu skupinu a neki elemente klor ili flor.
- Fosfati nastaju pri nižim temperaturama i to često kao produkt alteracije i hidratacije primarnih minerala nastalih u drugačijim uvjetima.
- Udio fosfata u litosferi je neznatan.
- Najznačajniji mineral je apatit.



Tablica: Češči i važniji ne silikatni minerali (iz Chernicoff&Whitney, 2007)

MINERAL TYPE	COMPOSITION	EXAMPLES	USES
Carbonates	Metallic ion(s) plus carbonate ion complex (CO_3^{2-})	Calcite (CaCO_3)	Cement
		Dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)	Cement
Oxides	Metallic ion(s) plus oxygen ion (O^{2-})	Hematite (Fe_2O_3)	Iron ore
		Magnetite (Fe_3O_4)	Iron ore
		Corundum (Al_2O_3)	Gems, abrasives
		Cassiterite (SnO_2)	Tin ore
		Rutile (TiO_2)	Titanium ore
		Ilmenite (FeTiO_3)	Titanium ore
		Uraninite (UO_2)	Uranium ore
Hydroxides	Metallic ion(s) plus hydroxide ion (OH^-)	Goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$)	Iron ore, Aluminum ore
		Bauxite ($(\text{Al}, \text{Fe})\text{O}(\text{OH})$)	
Sulfides	Metallic ion(s) plus sulfur (S^{2-})	Galena (PbS)	Lead ore
		Pyrite (FeS_2)	Sulfur ore
		Cinnabar (HgS)	Mercury ore
		Sphalerite (ZnS)	Zinc ore
		Molybdenite (MoS_2)	Molybdenum ore
		Chalcopyrite (CuFeS_2)	Copper ore
Sulfates	Metallic ion(s) plus sulfate ion (SO_4^{2-})	Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	Plaster
		Anhydrite (CaSO_4)	Plaster
		Barite (BaSO_4)	Drilling mud
Native elements	Minerals consisting of a single element	Gold (Au)	Jewelry, coins, electronics
		Silver (Ag)	Jewelry, coins, photography
		Platinum (Pt)	Jewelry, catalyst for gasoline production
		Diamond (C)	Jewelry, drill bits, cutting tools