



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-Matematički fakultet  
Geološki odsjek  
Mineraloško-petrografski zavod



---

# Klasifikacija minerala Samorodni elementi i sulfidi

## Mineralogija (ZOK)

Prof. dr. sc. Nenad Tomašić

# Sadržaj

- principi kristalokemijske klasifikacije minerala
- samorodni elementi
- sulfidi
- sulfosoli

# Principi klasifikacije minerala

- klasifikacija minerala zasnovana na kemijskom sastavu i kristalnoj strukturi
- minerali su podijeljeni u razrede prema dominantnom anionu ili anionskoj grupi
  - minerali s istom anionskom grupom imaju slična svojstva (npr. karbonati)
  - teže se pojavljivati zajedno u istim geološkim okolišima
- strukturna svojstva osobito su bitna u klasifikaciji minerala
- danas je poznato oko 6000 mineralnih vrsta (ožujak 2024.)

- mineralni razredi su dalje podijeljeni u **kemijske tipove** (prema stehiometrijskim odnosima)
- tipovi se dalje dijele u **grupe** na osnovi strukturnih sličnosti
- mineralne grupe sadrže **mineralne vrste**
- vrste mogu biti podijeljene u **kemijske varijetete** na osnovu modifikatora koji upućuju na prisutnost neobične količine nekog kemijskog konstituenta

# Mineralni razredi

1. Samorodni elementi
2. Sulfidi
3. Oksidi i hidroksidi
4. Halogenidi
5. Karbonati
6. Nitrati
7. Jodati
8. Borati
9. Sulfati
10. Fosfati
11. Volframati, molibdati
12. Organski minerali
13. Silikati

# Samorodni elementi

## **Metali**

Grupa zlata (zlato, srebro, bakar)

Grupa platine (platina, paladij, platiniridij, iridij, osmij)

Grupa željeza (željezo, kamacit, tenit)

## **Polumetali**

Grupa arsena (arsen, bizmut)

## **Nemetali**

Sumpor, dijamant, grafit

# Grupa zlata

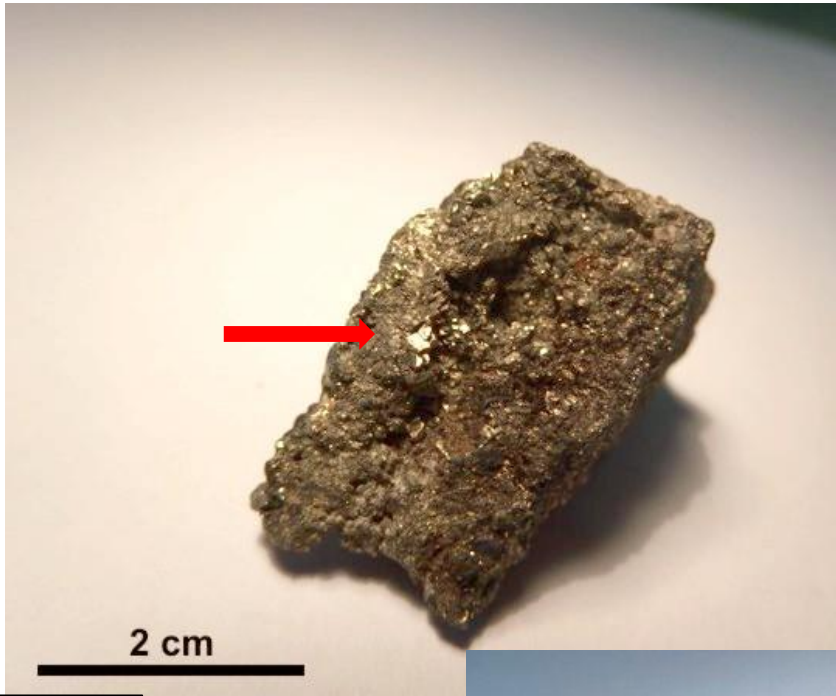
- zlato, srebro, bakar
- dovoljno su inertni za samostalno pojavljivanje u prirodi
- izostrukturalni, FCC (F kubična rešetka),  $4/m \bar{3} 2/m$
- potpuna čvrsta otopina između Au i Ag
- djelomična čvrsta otopina između Cu i Au/Ag
- mekani, kovki, izvlače se u žice, mogu se lako rezati
- izvrsni vodiči topline i elektriciteta
- metalnog su sjaja, opaki, oštrog loma

- rijetko pokazuju kristalne plohe (oktaedar, heksaedar, dodekaedar), kristali su deformirani
- česti su dendritični agregati
- tvrdoća  $2 \frac{1}{2}$  - 3
- G 19.3 (Au) 10.5 (Ag) 8.9 (Cu)
- nijanse žute (Au), srebrno-bijela (Ag), bakreno-crvena (Cu)

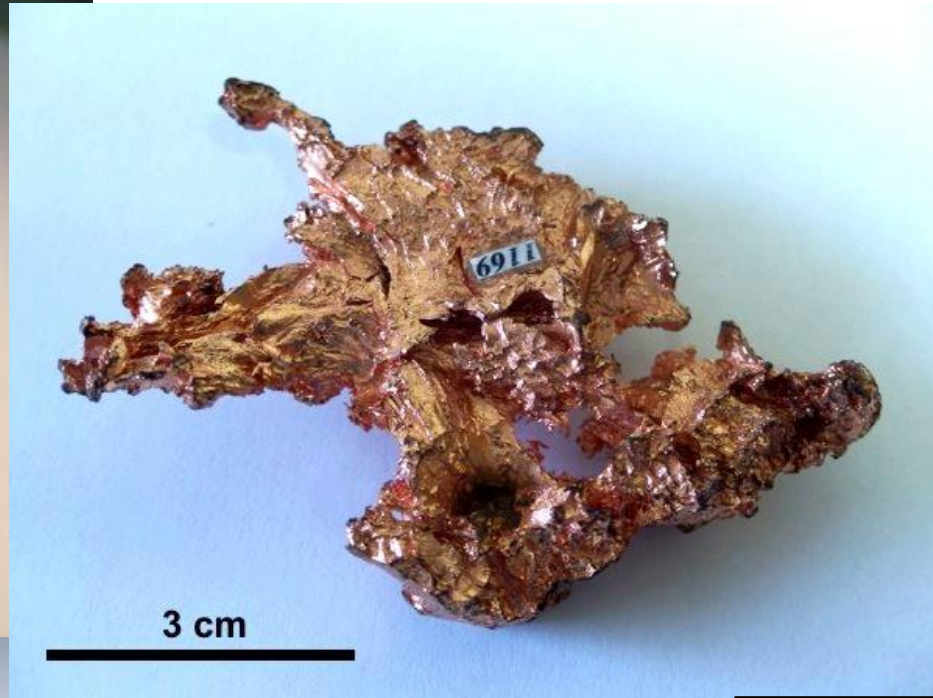
### Pojava:

- hidrotermalne zlatno-kvarcne žile, *placer* naslage (Au)
- hidrotermalne žile (Ag)
- oksidizirane žile ležišta bakra s drugim bakrovim mineralima poput kuprita, malahita i azurita (Cu)





zlato



bakar



srebro

# Željezo

- kubično, kristali su rijetki, u većim masama, u meteoritima (kamacit i tenit)
- oštrog loma, kovko, izrazito magnetično
- metalnog sjaja, čelično-sivo do crno
- uvijek sadrži nešto Ni:
  - kamacit – 5.5% Ni
  - taenit – 27 – 65% Ni
- željezo je izrazito nestabilno u oksidacijskim uvjetima, pa nastaju oksidi poput hematita i magnetita, te hidroksidi poput goethita

- terestrično željezo smatra se primarnim magmatskim sastojkom ili sekundarnim materijalom koji je nastao redukcijom u ugljikom bogatom materijalu
- kamacit i taenit obično međusobno proraštaju – vidi se tzv. Widmanstätten-ov uzorak na uglačanim i jetkanim površinama meteorita

Widmanstätten-ov obrazac – proraštanje  
kamacita i taenita (oktaedritni meteorit)



# Sumpor

- rompski (uobičajen u prirodi, ispod 96°C), monoklinski
- piramidski i primatski habitus, masivni, bubrežasti ili zemljasti agregati, korice
- neravan ili školjkast lom, krt
- tvrdoća 1 ½ - 2 ½ , G 2.05
- voštanog sjaja
- žut, uz nečistoće u nijansama žućkasto-zelene, sive ili crvene boje
- proziran do providan
- pojavljuje se uz rubove kratera aktivnih i neaktivnih vulkana (oksidacija H<sub>2</sub>S); nastaje i iz sulfata metabolizmom sumpor-reducirajućih bakterija
- u hidrotermalnim žilama oksidacijom sulfida; u sedimentnim stijenama povezanim s gipsom, kalcitom i aragonitom



2 cm

sumpor

# Ugljik

- dva polimorfa: dijamant i grafit

## Dijamant

- kubičan, oktaedarski kristali (mogu biti i dodekaedarski)
- česti sraslaci po {111}
- savršena kalavost po {111}
- tvrdoća 10, G 3.52
- dijamantnog sjaja (visoka refleksija), nerezani kristali imaju karakteričan masan izgled
- blijedo-žut ili bezbojan, nijanse blijedo-crvene, narančaste, zelene, plave ili smeđe
- **Carbonado** – nekalavi crni dijamant, neproziran



Pojava:

- **kimberliti** – kalijem i volatilima bogate ultrabazične stijene, u cjevastim intruzivnim formacijama (dajkovi); Kimberly, JAR; Australija, Venezuela, Sibir



Kimberlit u Cullinanu (rudnik),  
JAR

- aluvijalne naslage (valutice): Indija, Brazil, JAR, Namibija



# Grafit

- heksagonski
- masivni kalavi agregati
- tvrdoća 1 ½, H 2,2
- kalavost savršena po {0001}
- lom neravan, lističav
- metaličan do zemljast sjaj
- sivo-crne boje, crt crn

Pojava: niskometamorfne stijene

grafit



dijamant



# Sulfidi

- pirit
- galenit
- sfalerit
- halkopirit
- arsenopirit
- cinabarit
- stibnit
- auripigment
- realgar

# Pirit, FeS<sub>2</sub>

- kubičan  $2/m\bar{3}$
- česti idiomorfni kristali (heksaedar (prutan), pentagonski dodekaedar, prodorni sraslaci (željezni križ), također zrnat, masivan
- školjkastog loma, nema kalavost
- tvrdoća 6 – 6 ½ , G 5.02
- blijedo brončano-žut
- metalnog sjaja

## Pojavljivanje:

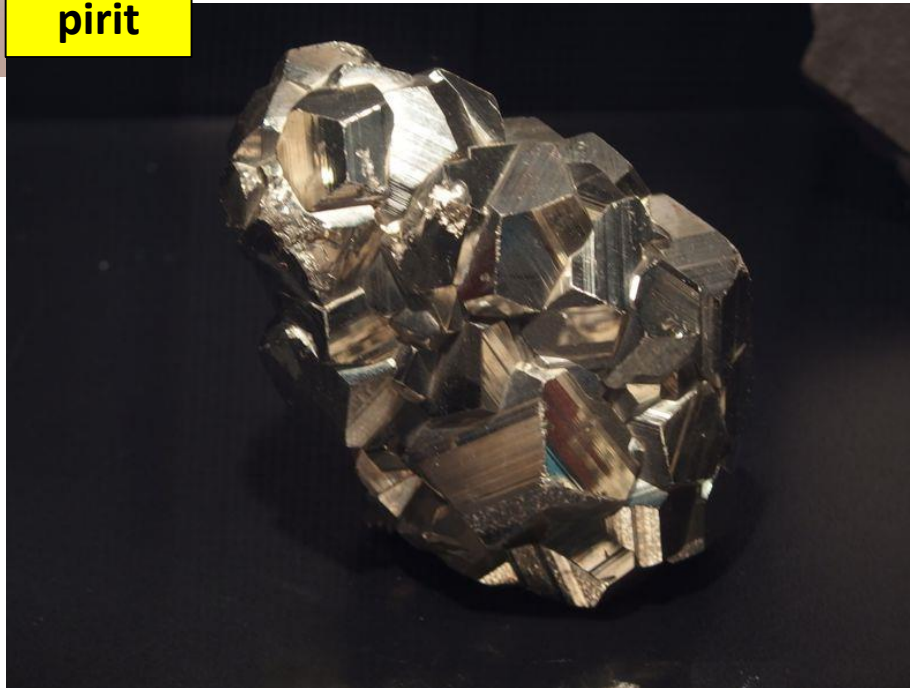
- najčešći sulfidni mineral
- akcesorni mineral u magmatskim stijenama
- kontaktno-metamorfni mineral
- u hidrotermalnim žilama
- u sedimentnim stijenama

Ostali češći Fe-sulfidi: markazit  $\text{FeS}_2$

pirhotit  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$



pirit



# Galenit PbS

- kubičan  $4/m\bar{3}2/m$
- čest heksaedarski habitus
- kalavost savršena {001}
- H  $2\frac{1}{2}$  , G 7.4 – 7.6
- olovno-sive boje
- metalnog sjaja

Pojavljivanje: hidrotermalne žile, sadrži manje količine Ag

- uz sfalerit, pirit, halkopirit, kalcit...



galenit





# Sfalerit, ZnS

- kubičan  $\bar{4}3m$
- tetraedar, dodekaedar, heksaedar, zaobljeni agregati, polisintentski sraslaci, grubo do fino zrnat
- kalavost savršena {110}
- H  $3\frac{1}{2}$  - 4, G 3.9 – 4.1
- bezbojan (čist), zelen, žut, smeđ do crn
- crt žut do smeđ
- sjaj smolast do polumetalan, ponekad dijamantan

## Pojavljivanje:

- najznačajnija ruda Zn
- u hidrotermalnim žilama
- u zajednici s galenitom, halkopiritom, kalcitom, dolomitom...



sfalerit

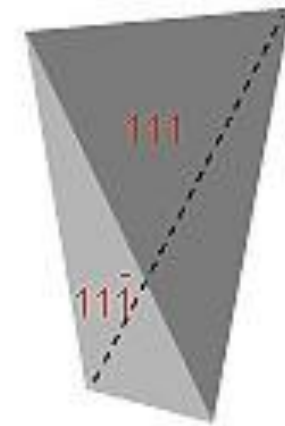


5 cm



# Halkoprit, $\text{CuFeS}_2$

- tetragonski  $\bar{4}2m$
- disfenoidski habitus, obično masivan
- H  $3 \frac{1}{2}$  - 4, G 4.1 – 4.3
- brončano-žut (često nahukan)
- crt zelenkasto-crni
- krt
- sjaj metalan



disfenoid

## Pojavljivanje:

- najčešći mineral bakra (bitna bakrova ruda)
- hidrotermalne žile (zajedno s galenitom, sfaleritom i dolomitom kao i pirhotitom)
- u magmatskim i kontaktno metamorfnim stijenama

halkopirit



# Arsenopirit, FeAsS



- monoklinski 2/m
- tvrdoća 5-6, G 6,1
- dobra po {101}, slaba po {010}
- neravan lom
- srebrno-bijele do čelično sive boje (svjež); nahuče se žuto pa je sličan piritu
- crni crt
- metalnog sjaja

Pojavljivanje: u hidrotermalni žilama zajedno s ostalim sulfidima

# Cinabarit, HgS

- heksagonski, 32
- romboedarski kristali, fino zrnat, masivan, zemljast, u obliku korica
- kalavost savršena  $\{10\bar{1}0\}$
- H  $2\frac{1}{2}$  , G 8.10
- izrazito crvene boje, smeđo-crven (nečist)
- sjaj svijetlo-crven
- sjaj dijamantan (čist) do zemljast (nečist)



## Pojavljivanje:

- žile u recentnim vulkanskim stijenama
- vrući izvori
- u zajednici s piritom, stibnitom, bakrovim sulfidima, opalom, kvarcom, baritom, kalcitom, fluoritom



# Stibnit, $\text{Sb}_2\text{S}_3$

- rompski,  $2/m2/m2/m$
- uski prizmatski kristali (prutani), ponekad svinuti, grupe radijalnih kristala, masivan, krupno do fino zrnat
- savršena kalavost  $\{010\}$
- H 2, G 4.52 – 4.62
- olovno-siv do crn (isto tako i crt)
- sjaj metalan

## Pojavljivanje:

- hidrotermalne žile
- vrući izvori
- pojavljuje se sa Sb mineralima, galenitom, cinabaritom, sfaleritom, realgarom, auripigmentom i zlatom



5 cm

stibnit

# Auripigment, $\text{As}_2\text{S}_3$

- monoklinski,  $2/m$
- pločasti ili kratki prizmatski kristali, obično lističave ili stupičaste mase
- kalavost savršena  $\{010\}$
- H  $1 \frac{1}{2}$ , G 3.49
- limun-žut, crt blijedo-žut
- sjaj voštan do biserast po plohama kalavosti

Pojavljivanje: rijedak mineral, pojavljuje se s realgarom





2 cm

auripigment

# Realgar, AsS

- monoklinski 2/m
- kratki prizmatski kristali (prutani), često krupno do fino zrnati ili zemljasti
- kalavost je dobra {010}
- H 1 ½ , G 3.48
- crven do narančast (boja i crt)
- sjaj smolast

Pojavljivanje: u hidrotermalni žilama s Pb, Ag i Au rudama (s auripigmentom i stibnitom), isto tako i kao produkt vulkanske sublimacije



realgar



# SULFOSOLI

- velika skupina minerala (oko 100 vrsta)
- As, Sb i Bi igraju ulogu metala u strukturi
- smatraju se dvostrukim sulfidima
- obično se pojavljuju kao manje zastupljeni minerali u hidrotermalnim žilama koji se nalaze u zajednici sa sulfidima

# Tetraedrit, $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$

- kubičan,  $\bar{4}3m$
- tetraedarski kristali
- poluškoljkast lom
- H 3 ½ - 4, G 4.98
- čelične do željezno-sive boje
- crt smeđ do crn
- sjaj metalan

Pojavljivanje: hidrotermalne žile, kontaktno metamorfne stijene



tetraedrit