

II. SULFIDI, SELENIDI I TELURIDI

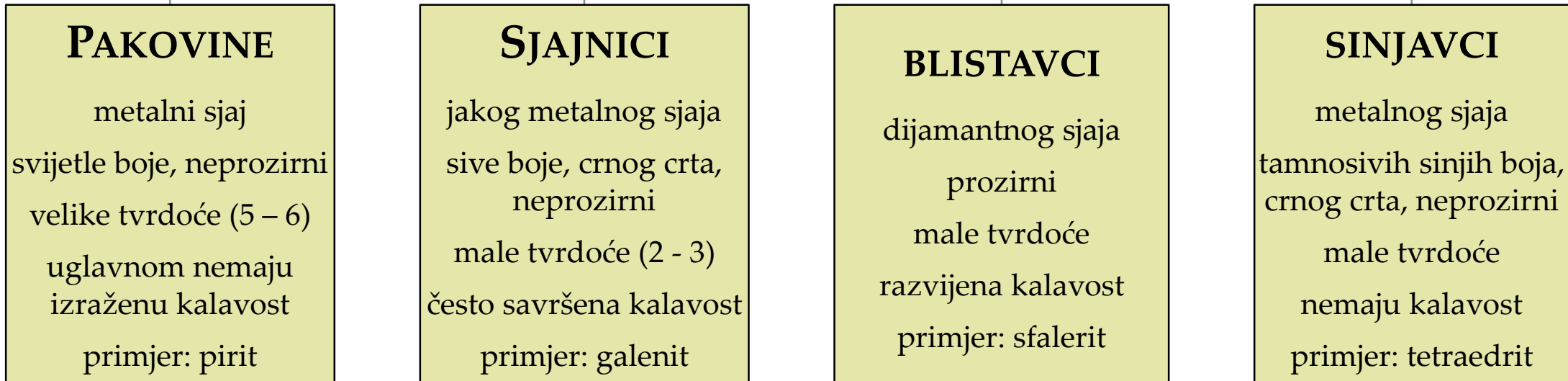


Doc. dr. sc. Andrea Čobić
Sistematska mineralogija (36213)
Akad. god. 2025./2026.

II. SULFIDI, SELENIDI I TELURIDI

- u prirodi se najčešće javljaju kao rudni minerali (iz kojih se preradom dobivaju metali) u hidrotermalnim žilama
- upotreba: u metalurgiji, kemijskoj industriji, umjetnosti, kozmetici
- Sasi su razlikovali sulfide prema fizičkim karakteristikama: sjaju, boji, kalavosti i crtu

PODJELA PREMA SASIMA



II.3. SULFIDI A_2X

- GRUPA ARGENTITA:

- argentit Ag_2S
- naumannit Ag_2Se

- GRUPA HALKOZITA:

- halkozit Cu_2S
- stromeyerit $AgCuS$
- akantit Ag_2S

ARGENTIT - Ag_2S

- KRISTALNI SUSTAV: kubični
- KRISTALNI RAZRED: $4/m\bar{3}2/m$
- PROSTORNA GRUPA: $Im\bar{3}m$
- HABITUS: kristali su heksaedarskog ili oktaedarskog, rjeđe rompsko dodekaedarskog habitusa. Česti su sraslaci po {111}. Kao korice, obično masivan i sitrozrnat.
- TVRDOĆA: 2 - $2\frac{1}{2}$
- GUSTOĆA: 7,2 – 7,34 (mjerena); 7,05 (izračunata).
- KALAVOST: slaba po {100} i {110}.
- LOM: školjkast.
- BOJA I CRT: olovnosiva do crna. Crt je crn.
- SJAJ: metalan dok je svjež, ali se lako nahuče i potamni na svjetlu.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile (stabilan je između 179 i 586°C). Dimorfan je s akantitom koji je stabilan ispod 179 °C. U paragenezi sa sulfidima.
- LOKALITETI: Meksiko (Guanajuato – krasni kristali)...



HALKOZIT - Cu_2S

- **KRISTALNI SUSTAV:** rompski
- **KRISTALNI RAZRED:** 2/m 2/m 2/m ili mm^2
- **PROSTORNA GRUPA:** $C_{2/mn}$ ili C_{2a2}
- **HABITUS:** najčešće je masivan. Kristali su pseudoheksagonski.
- **TVRDOĆA:** $2\frac{1}{2}$ - 3
- **GUSTOĆA:** 5,5 – 5,8 (mjerena); 5,97 (izračunata).
- **KALAVOST:** uočljiva po {110}.
- **LOM:** školjkast, krt.
- **BOJA I CRT:** crnosiva do crna. Crt je crn.
- **SJAJ:** metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** hidrotermalne žile, zone cementacije.
- **LOKALITETI:** Srbija (Bor), Čile (Atacama)...



AKANTIT - Ag_2S

- KRISTALNI SUSTAV: monoklinski
- KRISTALNI RAZRED: $2/m$
- PROSTORNA GRUPA: $2_1/n$
- HABITUS: kratko do dugoprizmatski kristali kao pseudomorfoza po argentitu.
- TVRDOĆA: 2 - $2\frac{1}{2}$
- GUSTOĆA: 7,22 (mjerena); 7,27 (izračunata).
- KALAVOST: nema.
- LOM: neravan.
- BOJA I CRT: željeznocrna. Crt je crn.
- SJAJ: metaličan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile (ispod 179°).
- LOKALITETI: Meksiko (Guanajuato), Češka (Jachimov)...



II.4. SULFIDI A_3X_2

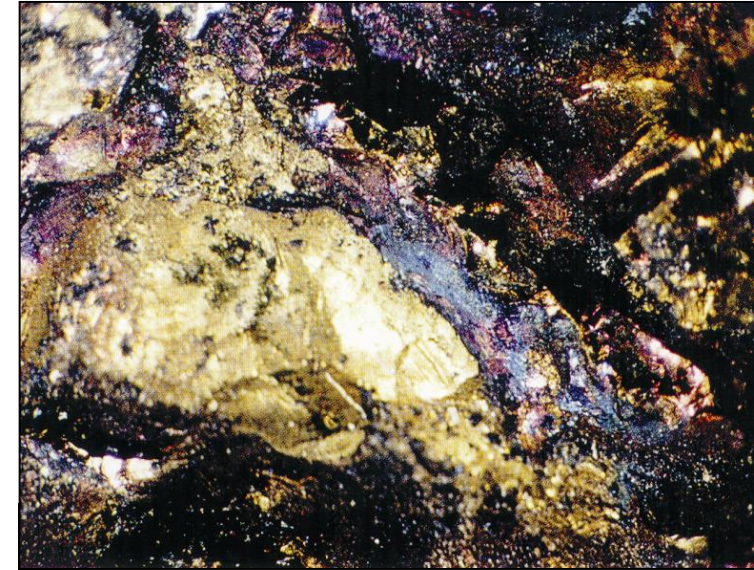
- GRUPA BORNITA:

- bornit Cu_5FeS_4
- maucherit $Ni_{11}As_8$

II.4. SULFIDI A_3X_2 – GRUPA BORNITA

BORNIT - Cu_5FeS_4

- KRISTALNI SUSTAV: tetragonski
- KRISTALNI RAZRED: $\bar{4}2m$
- PROSTORNA GRUPA: $P\bar{4}2_1c$
- HABITUS: kristali su rijetki, pseudokubičnog habitusa: heksaedarskog, oktaedarskog, ili rompsko dodekaedarskog s grubim i svinutim plohamama. Obično masivan, kompaktan ili zrnat. Uvijek su razvijeni kao prosraslaci smjerom {111}.
- TVRDOĆA: 3
- GUSTOĆA: 5,079 (mjerena); 5,09 (izračunata).
- KALAVOST: u tragovima po {111}.
- LOM: neravan do školjkast, krt.
- BOJA I CRT: bakrenocrvena do brončana. Vrlo brzo se nahuče i irizira u različitim bojama što mu daje naziv paunova ruda ili šarena bakrena pakovina. Crt je siv.
- SJAJ: metalan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile. U paragenezi sa sulfidima.
- LOKALITETI: Zambija, Kanada, Čile, Peru...



II.5. SULFIDI A_4X_3

■ II.5.A. jednostavni sulfidi A_4X_3

■

■ GRUPA DIMORFITA:

- dimorfit As_4S_3
- rickardit Cu_4Te_3

■ II.5.B. sulfosoli A_3BX_3

■ GRUPA PIRARGIRITA:

- pirargirit Ag_3SbS_3
- proustit Ag_3AsS_3

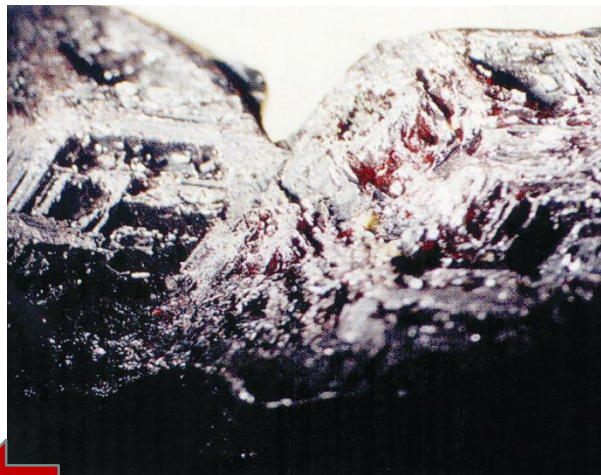
■ NIZ TETRAEDRITA:

- tetraedrit $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$
- tennantit $(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$
- argentotennantit $(Ag,Cu)_8(Zn,Fe)_2(As,Sb)_4S_{13}$
- freibergit $(Ag,Cu,Fe)_{12}(Sb,As)_4S_{13}$
- giraudite $(Cu,Zn,Ag)_{12}(As,Sb)_4(Se,S)_{13}$
- foldfieldit $Cu_{12}(Te, Sb, As)_4S_{13}$
- hakit $(Cu,Hg,Ag)_{12}Sb_4(Se,S)_{13}$

II.5.B. sulfosoli A_3BX_3 – GRUPA PIRARGIRITA

PIRARGIRIT - Ag_3SbS_3

- KRISTALNI SUSTAV: heksagonski
- KRISTALNI RAZRED: $\bar{3} 2/m$
- PROSTORNA GRUPA: R3c
- HABITUS: kristali su obično prizmatski, ponekad skalenoedarski. Obično masivan, kompaktan, ponekad kao korice ili raspršen
- TVRDOĆA: $2\frac{1}{2}$
- GUSTOĆA: 5,85 (mjerena); 5,82 (izračunata).
- KALAVOST: jasna po $\{10\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}2\}$.
- LOM: školjkast do neravan.
- BOJA I CRT: dubokocrven, slabo proziran. Crt je tamnocrven.
- SJAJ: dijamantan do polumetalan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile pri niskim temperaturama odlaganja.
- LOKALITETI: Meksiko (Real del Monte), Njemačka (Herz – izuzetno lijepi kristali)...



PROUSTIT - Ag_3AsS_3

- KRISTALNI SUSTAV: heksagonski
- KRISTALNI RAZRED: $\bar{3} 2/m$
- PROSTORNA GRUPA: R3c
- HABITUS: kristali su romboedarskog ili skalenoedarskog habitusa. Javlja se obično masivan, kompaktan, raspršen i kao korice ili trake.
- TVRDOĆA: 2 - $2\frac{1}{2}$
- GUSTOĆA: 5,55 – 5,64 (mjerena); 5,62 (izračunata).
- KALAVOST: po $\{10\bar{1}1\}$ jasna.
- LOM: školjkast do neravan.
- BOJA I CRT: purpurno do krvavocrvena. Crt je svijetlocrven.
- SJAJ: dijamantan do polumetalan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile niskih temperature.
- LOKALITETI: Kanada (Cobalt district, Ontario lijepi kristali), Francuska (kristali do 7,5x2,5 cm)...

TETRAEDRIT - $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$

- KRISTALNI SUSTAV: kubični
- KRISTALNI RAZRED: $\bar{4}3m$
- PROSTORNA GRUPA: $\bar{I}43m$
- HABITUS: kristali su dominantno tetraedarskog habitusa. Dolazi u kompaktnim masama, zrnat do sitnozrnat. Česti su sraslaci po $[111]$ kao dodirni ili proraslaci, a ponekad se mogu naći i polisintetski sraslaci po istom zakonu. Česti su epitaksijalni odnosi s drugim mineralima.
- TVRDOĆA: 3 - 4½
- GUSTOĆA: 4,59 – 5,10.
- KALAVOST: nema.
- LOM: neravan do poluškoljkast, krt je.
- BOJA I CRT: čeličnosiva do crna. Crt je crn, smeđ i tamnocrven.
- SJAJ: metaličan, lako se nahuče i postaje mutan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile pri niskim do visokim temperaturama odlaganja. Rjeđe u kontakno-metamorfnim stijenama i pegmatitima.
- LOKALITETI: BiH (Srednjobosansko rudogorje), Kosovo (Trepča)...



II.6. SULFIDI AX

II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1

GRUPA GALENITA:

- galenit - PbS
- clausthalit - PbSe
- altait - PbTe
- alabandit - MnS
- oldhamite - CaS

GRUPA SFALERITA:

- sfalerit - ZnS
- metacinabarit - HgS
- tiemannit - HgSe
- coloradoit - HgTe
- hawleyit - CdS
- stilleit - ZnSe

GRUPA WURTZITA:

- wurtzit - ZnS
- greenockit - CdS

GRUPA PIRHOTITA:

- pirhotit - Fe_{1-x}S (mineral kod kojeg je poznato 7 politipova)

GRUPA MILLERITA:

- millerit - NiS
- mäkinenit - NiSe

GRUPA PENTLANDITA:

- pentlandit - $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$
- argentopentlandit $\text{Ag}(\text{Fe,Ni})_8\text{S}_8$
- kobaltpentlandit Co_9S_8
- geffroyit $(\text{Ag,Cu,Fe})_8(\text{Se,S})_9$
- manganski-shaldunit $(\text{Mn,Pb,Cd})(\text{Cu,Fe})_8\text{S}_8$
- shaldunit $(\text{Pb,Cd})(\text{Fe,Cu})_8\text{S}$

GRUPA COVELLITA:

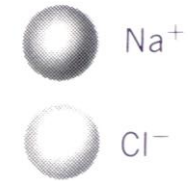
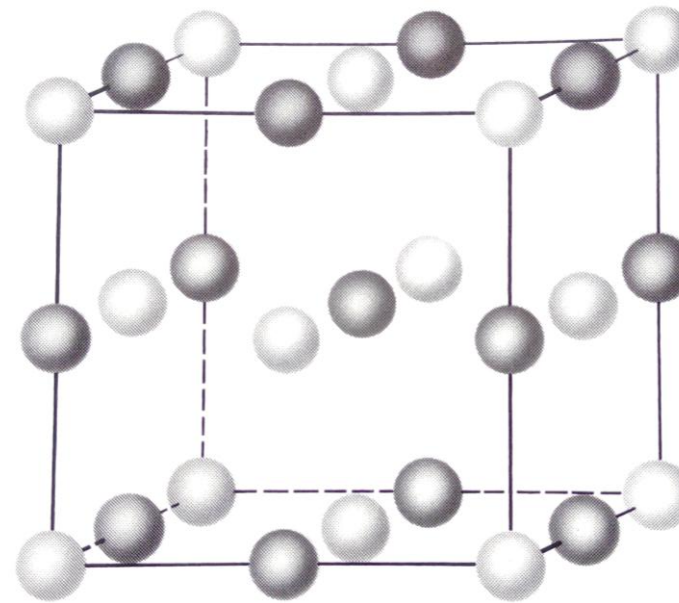
- covellit - CuS
- klockmannit - CuSe

- cinabarit - HgS
- realgar - AsS

II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1 – GRUPA GALENITA

GALENIT - PbS

- KRISTALNI SUSTAV: kubični
- KRISTALNI RAZRED: $4/m\bar{3}2/m$
- PROSTORNA GRUPA: Fm3m
- KRISTALNA STRUKTURA: struktura tipa halita.



Kristalna struktura galenita



II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1 – GRUPA GALENITA

GALENIT - PbS

- **HABITUS:** kristali su heksaedarski, oktaedarski, često skeletnog rasta, ponekad pločasti ili pseudotetragonski. Obično imaju svinute bridove i lijepo razvijene spiralne tragove rasta. Može se naći u gustim, vunastim, vlaknastim, te sitno do krupno zrnatim agregatima. sraslaci po {111}, {114} i {144}.
- **TVRDOĆA:** 2½
- **GUSTOĆA:** 7,58 (mjerena); 7,596 (izračunata).
- **KALAVOST:** savršena po {100}.
- **LOM:** školjkast.
- **BOJA I CRT:** olovnosiva, kad se nahuče potamni. Crt je crn.
- **SJAJ:** metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** najviše u hidrotermalnim žilama, u kontaktno-metamornim stijenama, sedimentima i rijetko u pegmatitima. U sedimentnim uvjetima u vapnencima i dolomitima.
- **LOKALITETI:** Kosovo (Trepča), Makedonija (Sasa), Slovenija (Mežica), BiH (Veovača, Srebrenica)...



II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1 – GRUPA SFALERITA

SFALERIT - ZnS

- **KRISTALNI SUSTAV:** kubični
- **KRISTALNI RAZRED:** $\bar{4}3m$
- **PROSTORNA GRUPA:** $F\bar{4}3m$
- **KRISTALNA STRUKTURA:** struktura tipa dijamanta.
- **HABITUS:** kristali su česti tetraedarskog, oktaedarskog i rompskododekaedarskog habitusa. Dolazi u masivnim i zrnatim agregatima, koricama i sigama. Česti su polisintetski sraslaci po {111}.
- **TVRDOĆA:** $3\frac{1}{2}$ - 4
- **GUSTOĆA:** 3,9 – 4,1 (mjerena); 4,096 (izračunata).
- **KALAVOST:** savršena po {110}.
- **LOM:** školjkast; krt je.
- **BOJA I CRT:** može biti različito obojen: bezbojan, žut, bijel, siv, crven, zelen, smeđ i crn. Crt je bijel do jetrenosmeđ.
- **SJAJ:** dijamantan do metalan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** najviše u hidrotermalnim žilama, u sedimentnim sredinama, rjeđe u kontaktno-metamorfnim stijenama, sedimentima i iznimno u pegmatitima. U sedimentnim uvjetima u vapnencima i dolomitima.
- **LOKALITETI:** Kosovo (Trepča), Makedonija (Sasa, Zletovo), Slovenija (Mežica), Austrija (Bleiberg)...



II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1 – GRUPA SFALERITA

SFALERIT - ZnS



WURTZIT - ZnS

- **KRISTALNI SUSTAV:** heksagonski (svi poznati politipovi)
- **KRISTALNI RAZRED:** 6mm
- **PROSTORNA GRUPA:** $P6_3mc$
- **HABITUS:** dolazi u slojevitim koricama, fibrozan i stupićast. Kristali su obično hemimorfni piramidski, kratko prizmatski i pločasti.
- **TVRDOĆA:** $3\frac{1}{2}$ - 4
- **KALAVOST:** jasna po $\{11\bar{2}0\}$ i nesavršena po $\{0001\}$.
- **LOM:** neravan; krt je.
- **BOJA I CRT:** smeđecrna do narančastosmeđa. Crt je smeđ.
- **SJAJ:** smolasti.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** najviše u hidrotermalnim žilama, rjeđe u sedimentnim sredinama.
- **LOKALITETI:** Namibija (Tsumeb)...



II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1 – GRUPA PIRHOTITA

PIRHOTIT – Fe_{1-x}S

- **KRISTALNI SUSTAV:** ROMPSKI, heksagonski, monoklinski.
- **HABITUS:** kristali su tanko i debelo pločasti. Uvijek su jače ili slabije prutani paralelno bazi. Obično se javlja u masivnim do zrnatim agregatima.
- **TVRDOĆA:** $3\frac{1}{2}$ - $4\frac{1}{2}$
- **KALAVOST:** nema.
- **LOM:** neravan.
- **BOJA I CRT:** brončanožuta do brončanocrvena, može se nahukati smeđe do crno. Crt je crn do sivocrn.
- **SJAJ:** metaličan kad je svjež, nahukan gubi sjaj.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** u sulfidnim segregatima, u hidrotermalnim žilama, metamorfitima i rijetko u pegmatitima.
- **LOKALITETI:** Kosovo (Trepča), Norveška (Kongsberg)...



MILLERIT - NiS

- KRISTALNI SUSTAV: heksagonski.
- KRISTALNI RAZRED: 3m
- PROSTORNA GRUPA: $\bar{R}3m$
- HABITUS: kristali su jako tanki izduženi duž kristalografske osi c . Agregati su masivni i fibrozni.
- TVRDOĆA: 3 - 3½
- KALAVOST: savršena po $\{10\bar{1}1\}$ i $\{01\bar{1}2\}$.
- LOM: neravan; krt je.
- BOJA I CRT: mjedeno do brončanožuta, nahuće se zelenkastosivo. Crt je zelenkastocrn.
- SJAJ: metaličan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: javlja se kao niskotemperaturan mineral u žilama unutar vapnenaca, dolomita...
- LOKALITETI: Njemačka, Češka...



PENTLANDIT – $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$

- KRISTALNI SUSTAV: kubični.
- KRISTALNI RAZRED: $4/m \bar{3} 2/m$
- PROSTORNA GRUPA: $\text{Fm}\bar{3}m$
- HABITUS: najčešće je masivan do zrnat, kristali se ne pojavljuju.
- TVRDOĆA: $3\frac{1}{2}$ - 4
- KALAVOST: nema, ima lučenje po {111}.
- LOM: školjkast; krt je.
- BOJA I CRT: svijetlo brončanožuta. Crt je brončanosmeđ.
- SJAJ: metaličan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: dolazi uglavnom u jako bazičnim magmatskim stijenama uz pirhotit...
- LOKALITETI: Kanada (Sudbury), Norveška...



II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1 – GRUPA COVELLITA

COVELLIT (COVELLIN) – CuS

- KRISTALNI SUSTAV: heksagonski.
- KRISTALNI RAZRED: 6/m 6/m 6/m
- PROSTORNA GRUPA: $P6_3/mmc$
- HABITUS: kristali su rijetki, tanko pločasti, uglavnom je masivan.
- TVRDOĆA: $1\frac{1}{2}$ - 2
- KALAVOST: savršena po {0001}.
- LOM: neravan.
- BOJA I CRT: svijetlo do indigo tamnoplava, nahukan je purpurne boje. Crt je blistavo sivocrn.
- SJAJ: polumetaličan do mutan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: u zoni sekundarnog obogaćenja bakrenih sulfidnih ležišta. Nastaje alteracijama sulfida bakra.
- LOKALITETI: Srbija (Bor) Austrija, SAD (Butte, Montana)...



II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1

CINABARIT – HgS

- KRISTALNI SUSTAV: heksagonski.
- KRISTALNI RAZRED: 32
- PROSTORNA GRUPA: $P3_121$ ili $P3_221$
- HABITUS: kristali su rijetki, ali s mnogobrojnim plohama, romboedarskog ili pločastog habitusa, tjeđe prizmatskog do igličastog. Uglavnom masivan, sitnozrnat, kao korice ili prah
- TVRDOĆA: 2 - 2 ½
- KALAVOST: savršena po $\{10\bar{1}0\}$.
- LOM: školjkast do neravan.
- BOJA I CRT: karakteristično jarkocrvena, smeđastocrvena, smeđa, crna. Crt je cinobercrven do crvenkastosmeđ.
- SJAJ: dijamantan, polumetalan do metalan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: glavni mineral žive: dolazi u niskotemperaturnim hidrotermalnim žilama.
- LOKALITETI: Slovenija (Idrija), Španjolska (Almaden), SAD (New Idrija i New Almaden)...

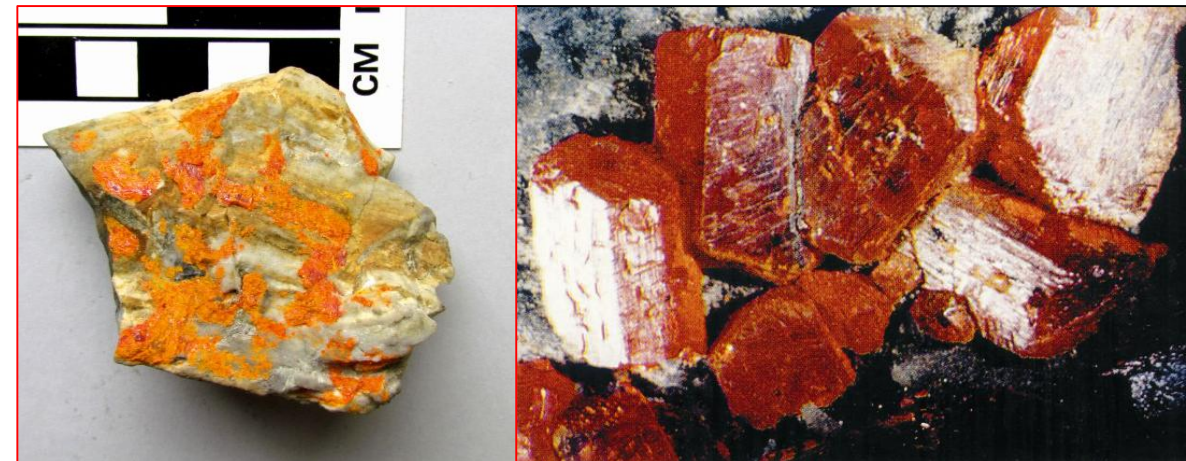




II.6.A. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 1:1

REALGAR – AsS

- KRISTALNI SUSTAV: monoklinski.
- KRISTALNI RAZRED: $2/m$
- PROSTORNA GRUPA: $P2_1/m$
- HABITUS: kristali su česti, prizmatski, prutani paralelno s kristlaografskom osi c . Dodirni sraslaci po $\{100\}$. Masivan, kompaktan, krupno i sitno zrnat, te kao korice i prah.
- TVRDOĆA: $1\frac{1}{2} - 2$
- KALAVOST: jasna po $\{010\}$, nejasne po $\{100\}$, $\{120\}$ i $\{101\}$.
- LOM: školjkast.
- BOJA I CRT: tamnocrvena do narančastocrvena. Crt je narančastožut.
- SJAJ: smolast do mastan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: niskotemperaturne hidrotermalne žile.
- LOKALITETI: Makedonija (Allchar), BiH (kreševo)...





II.6. SULFIDI AX

- II.6.B. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 2:2

- **GRUPA HALKOPIRITA:**

- halkopirit - CuFeS_2
- eskebornit - CuFeSe_2
- gallit - CuGaS_2
- roquesit - CuInS_2
- lorandit - TlAsS_2

II.6.B. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 2:2 – GRUPA HALKOPIRITA

HALKOPIRIT – CuFeS_2

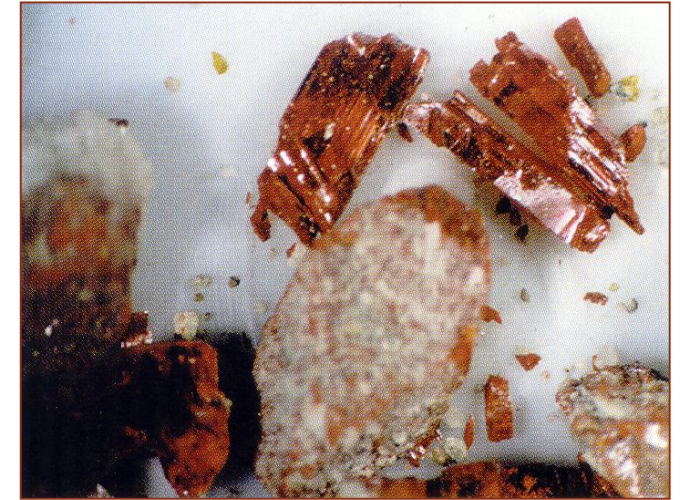
- KRISTALNI SUSTAV: tetragonski
- KRISTALNI RAZRED: $\bar{4}2m$
- PROSTORNA GRUPA: $I\bar{4}2D$
- HABITUS: kristali su rijetki, sfenoidskog habitusa koji podsjećaju na tetraedre – plohe sfenoida su velike i prutane. Proraslaci po plohama {112} i {012} su uobičajeni. Uglavnom dolazi u masivnim, kompaktnim i bubrežastim agregatima, te kao izolirana zrna u matriksu.
- TVRDOĆA: $3\frac{1}{2}$ - 4
- KALAVOST: jasna po {011}.
- LOM: neravan; krt je.
- BOJA I CRT: brončanožut kad je svjež, a lako se nahuče do crne boje. Crt je crn sa zelenim odsjajem.
- SJAJ: metaličan kad je svjež, a gasi se kad se nahuče.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: srednje do visokotemperaturne hidrotermalne žile.
- LOKALITETI: Srbija (Bor), Makedonija (Bučim)...





LORANDIT – TlAsS_2

- KRISTALNI SUSTAV: monoklinski
- KRISTALNI RAZRED: $2/m$
- PROSTORNA GRUPA: $P2_1/a$
- HABITUS: obično se javlja u pločastim ili kratkoprizmatskim kristalima, s prutanjima paralelno kristalografskim osima a i c .
- TVRDOĆA: $2 - 2\frac{1}{2}$
- KALAVOST: savršena po $\{100\}$, te jasna po $\{201\}$ i $\{001\}$.
- BOJA I CRT: karmincrvena do olovnosiva. Crt je crven kao trešnja.
- SJAJ: dijamantno – metaličan, nahukan se presvlači žutim prahom sumpora.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile.
- LOKALITETI: Makedonija (Allchar), SAD (rudnik Rambler...).



II.6. SULFIDI AX

- II.6.C. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 3:3

- **GRUPA BOURNONITA:**

- bournonit – PbCuSbS_3
- seligmannit - PbCuAsS_3
- soucket – PbCuBi(S,Se)_3



BOURNONIT – PbCuSbS_3

- **KRISTALNI SUSTAV:** rompski
- **KRISTALNI RAZRED:** $\text{mm}2$
- **PROSTORNA GRUPA:** $\text{Pnm}2_1$
- **HABITUS:** kristali su kratkoprizmatski ili pločasti, ponekad kao subparalelni agregati. Jako su prutani. U vidu masivnih i zrnatih agregata.
- **TVRDOĆA:** $2\frac{1}{2}$ - 3
- **KALAVOST:** nesavršena po {010}.
- **LOM:** neravan do školjkast; krt je.
- **BOJA I CRT:** čeličnosiva do željeznocrna. Nahukan je olovnosiv, a pri jačim izmjenama se presvlači koricom malahita. Crt je čeličnosiv do željeznocrn.
- **SJAJ:** metaličan, lako se nahuče.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** hidrotermalne žile.
- **LOKALITETI:** Kosovo (Trepča), Australija (Broken Hill)...



II.6. SULFIDI AX

- II.6.D. sulfidi AX kod kojih je omjer kationa i aniona 4:4

- Enargit – Cu_3AsS_4



ENARGIT – Cu_3AsS_4

- **KRISTALNI SUSTAV:** rompski
- **KRISTALNI RAZRED:** mm2
- **PROSTORNA GRUPA:** $\text{Pnm}2_1$
- **HABITUS:** kristali su obično izduženi u smjeru kristalografske osi c s baznim pinakoidom. Plohe prizme su jako prutane u smjeru izduženja. Obično je masivan ili zrnat.
- **TVRDOĆA:** 3
- **KALAVOST:** savršena po $\{110\}$, jasna po $\{100\}$ i $\{010\}$, te nejasna po $\{001\}$.
- **LOM:** neravan; krt je.
- **BOJA I CRT:** sivocrna do željeznocrna. Crt je sivocrn.
- **SJAJ:** metaličan, lako se nahuće.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** hidrotermalne žile i metasomatska tijela.
- **LOKALITETI:** Srbija (Bor), Namibija (Tsumeb), SAD (Butte, Montana)



II.8. SULFIDI A_2X_3

- **GRUPA AURIPIGMENTA:**

- auripigment – As_2S_3
- laphamit – $As_2(S,Se)_3$

- **GRUPA STIBNITA:**

- stibnit – Sb_2S_3
- bizmutinit – Bi_2S_3
- kermesit – Sb_2S_2O
- guanajuatit – Bi_2Se_3
- antimonseilit – Bi_2S_3

II.8. SULFIDI A_2X_3 – GRUPA AURIPIGMENTA

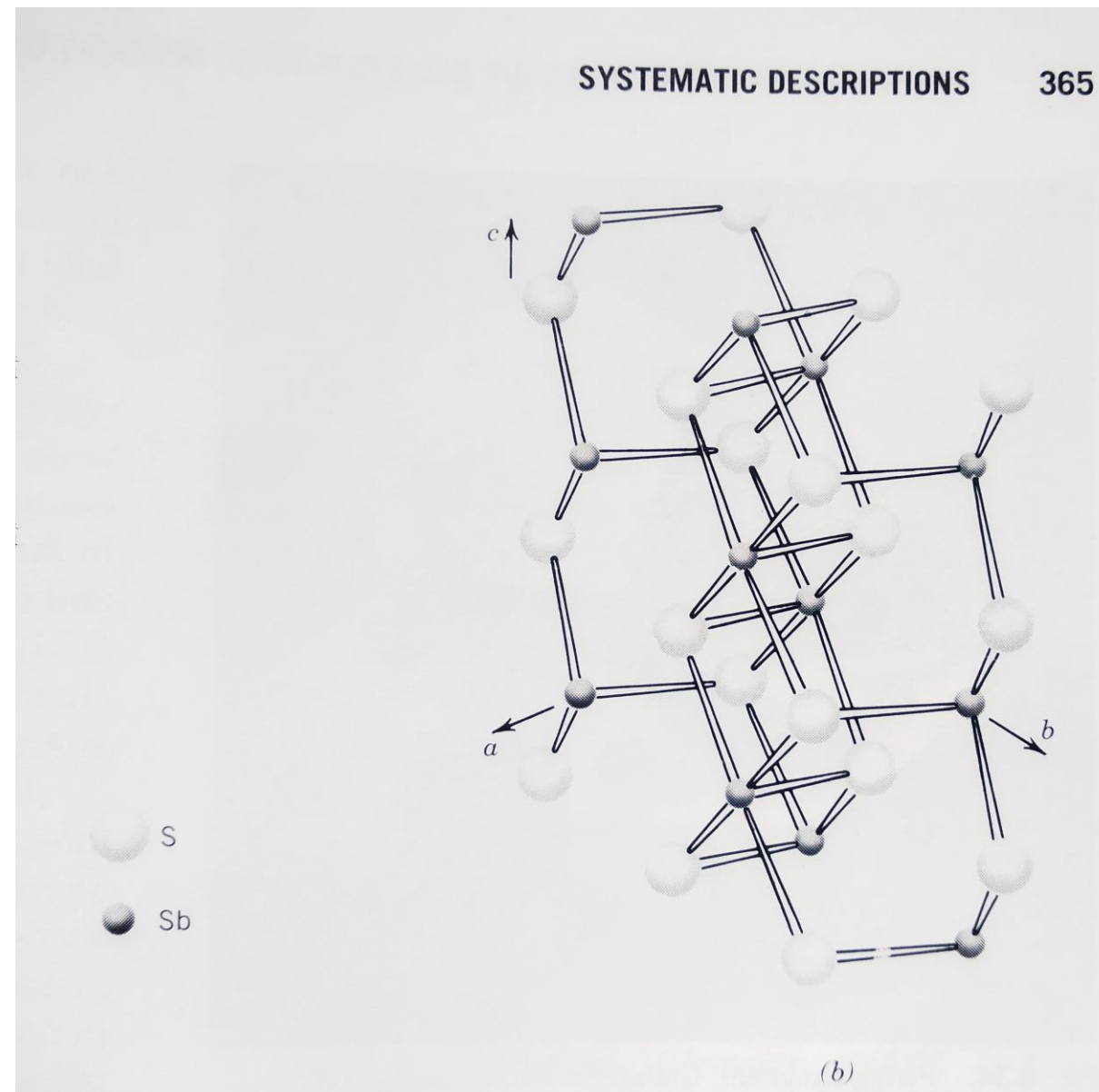
AURIPIGMENT – As_2S_3

- **KRISTALNI SUSTAV:** monoklinski
- **KRISTALNI RAZRED:** $2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:** $P2_1/m$
- **HABITUS:** kristali su kratkoprizmatski, izduženi po kristalografskoj osi c , sraslaci po $\{100\}$. Obično u listićavim, bubrežastim ili praškastim agregatima.
- **TVRDOĆA:** $1\frac{1}{2} - 2$
- **KALAVOST:** savršena po $\{010\}$, u tragovima po $\{100\}$.
- **LOM:** savitljiv je i neelastičan. Često valovito svinut.
- **BOJA I CRT:** zlatnožuta, narančastožuta, limunžuta do smečkastožuta. Crt je svijetlozlatnožut.
- **SJAJ:** smolast, sedefast na plohama kalavosti.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** hidrotermalne žile, te u vrućim žilama.
- **LOKALITETI:** Makedonija (Allchar), Peru, Francuska...



STIBNIT – Sb_2S_3

- **KRISTALNI SUSTAV:** rompski
- **KRISTALNI RAZRED:** $2/m\ 2/m\ 2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:** $Pbnm$
- **KRISTALNA STRUKTURA:** građena je od vrpce koje čine izmjenični atomi antimona i sumpora, u cik-cak rasporedu. Atomi antimona su okruženi s tri atoma sumpora, a vrpce su izdužene u smjeru kristalografske osi c , te su paralelne bočnom pinakoidu.
- **HABITUS:** kristali su pločasti i štapićasti, u radijalno zrakastim druzama, te obično valovito svinuti. Jako su prutani paralelno kristalografskoj osi c . Sraslaci su rijetki po $\{130\}$ i $\{120\}$. U kompaktnim masama, radijalno zrakastim, zrnatim, prutićastim i igličastim agregatima.



II.8. SULFIDI A_2X_3 – GRUPA STIBNITA

STIBNIT – Sb_2S_3

- **TVRDOĆA:** 2
- **KALAVOST:** laka i savršena po {010}, nesavršena po {100} i {110}.
- **LOM:** neravan do poljuškoljkast, savitljiv je i neelastičan. Često valovito svinut.
- **BOJA I CRT:** svijetlo do tamnosiva, a ponekad se nahuće u plavim i crnim tonovima. Crt je siv do tamnosiv.
- **SJAJ:** metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** hidrotermalne žile, te u metasomatskim ležištima.
- **LOKALITETI:** Makedonija (Allchar), Srbija (Zajača), Japan (Ichinokawa, Shikoku)...



II.9. SULFIDI TIPAX₂

■ GRUPA PIRITA:

- pirit – FeS₂
- bravoit – (Ni,Fe)S₂
- laurit – RuS₂
- sperrylit – PtAs₂
- hauerit – MnS₂

■ GRUPA KOBALTITA:

- kobaltit - CoAsS
- gersdorfit - NiAsS
- ullmannit - NiSbS
- hollingworthit - (Rh,Pt,Pd)AsS
- irarsit - (Ir,Ru,Rh,Pt)AsS
- jolliffeit - NiAsSe
- padmait - PdBiSe
- platarsit - (Pt,Rh,Ru)AsS,
- tolovkit - IrSbS
- willyamit - (Co,Ni)SbS

■ GRUPA MARKAZITA:

- markazit – FeS₂
- feroselit - FeSe₂
- frobergit – FeTe₂
- hastit – CoSe₂
- kullerudit – NiSe₂
- matagamit – CoTe₂

■ GRUPA ARSENOPIRITA:

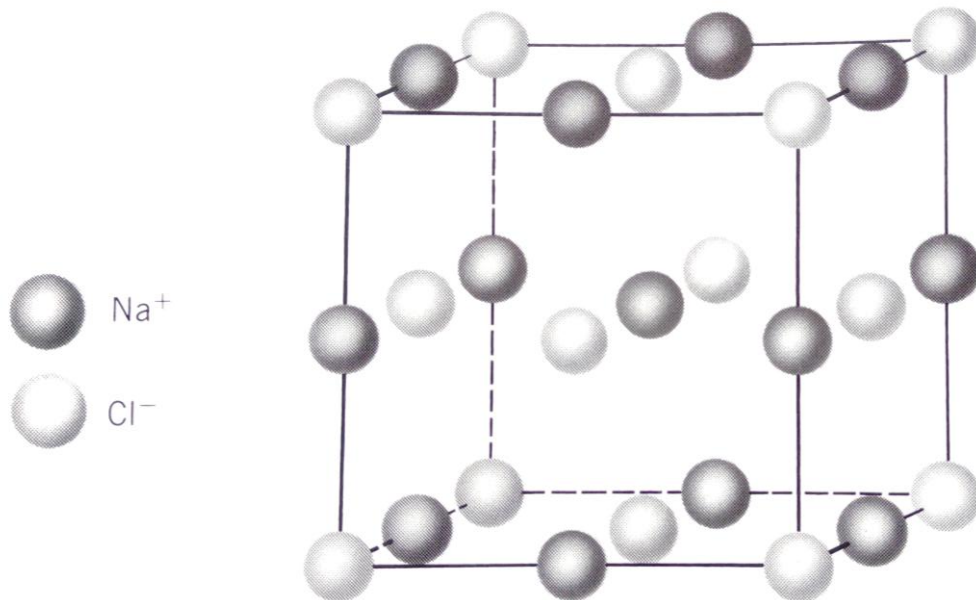
- arsenopirit – FeAsS
- glaukodot – (Co,Fe)AsS
- gudmundit – FeSbS
- osarsit – (Os,Ru)AsS
- ruarsit – RuAsS

■ GRUPA MOLIBDENITA:

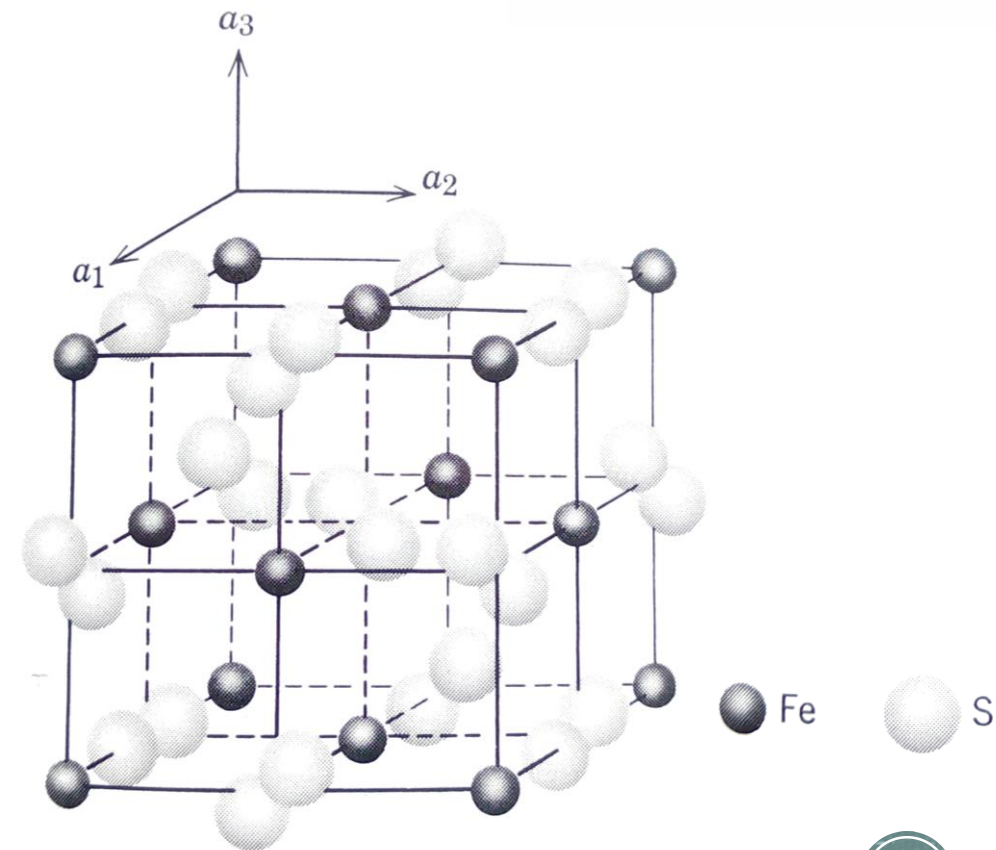
- molibdenit – MoS₂
- tungstenit – WS₂
- drysdallit – Mo(Se,S)₂

PIRIT – FeS_2

- KRISTALNI SUSTAV: kubični i rompski
- KRISTALNI RAZRED: $2/m\bar{3}$
- PROSTORNA GRUPA: $Pa\bar{3}$ i $Pca2_1$
- KRISTALNA STRUKTURA: struktura tipa halita. Sniženje simetrije je uzrokovano grupama S_2^{2-} koje možemo zamisliti da zamjenjuju klor u kristalnoj strukturi halita.



Kristalna struktura halita (Klein, 2004)



Kristalna struktura pirita (Klein, 2004)

II.9. SULFIDI AX_2 – GRUPA PIRITA

PIRIT – FeS_2

- **HABITUS:** kristali su česti, najčešće se pojavljuju u formama heksaedra, oktaedra i pentagonskog dodekaedra → *piritoedar*, ili u kombinaciji navedenih formi. Prutanja su izrazito jaka paralelno bridu između heksaedra i pentagonskog dodekaedra. Najčešći su sraslaci po {110} → *sraslaci željeznog križa*. Često u masivnim, bubrežastim, zrnatim, sigastim i koncentričnim agregatima.
- **TVRDOĆA:** 6 - 6½
- **KALAVOST:** praktično nema: po {100} neznatna, ponekad pokazuje lučenje po {110}.
- **LOM:** školjkast do neravan.
- **BOJA I CRT:** svijetlo mjedenožuta do znatnožuta; lako se nahuće i tad se vide interferencijske boje: ljubičasta, plava, zelena, crvena, a kod jačih oksidacija i smeđa. Crt je zelenkastosiv do zelenkastocrn.
- **SJAJ:** metaličan kada je svjež, potamni kad se nahuće.



II.9. SULFIDI AX_2 – GRUPA PIRITA

PIRIT – FeS_2

- NAČIN POJAVLJIVANJA: osnovni uvjet da se razvije: *reduktivne sredine!* Hidrotermalne žile, magmatske stijene, pegmatiti, metamorfne srijene, sedimenti...
- LOKALITETI: Španjolska (Rio Tinto), Kanada, Rusija, Hrvatska (Medvednica, Lika, Slavenske planine)...



KOBALTIT – $CoAsS$

- KRISTALNI SUSTAV: kubični i rompski
- KRISTALNI RAZRED: $2/m\bar{3}$
- PROSTORNA GRUPA: $Pa\bar{3}$ i $Pca2_1$
- HABITUS: kristali se najčešće pojavljuju u formama heksaedra, oktaedra, pentagonskog dodekaedra ili u kombinaciji navedenih formi. Plohe mogu biti prutane. Rijetki su sraslaci po $\{110\}$ i $\{111\}$.
- TVRDOĆA: $5\frac{1}{2}$
- KALAVOST: savršena po $\{100\}$.
- LOM: neravan; krt je.
- BOJA I CRT: kositrenobijela, čeličnosiva s ljubičastim odsjajem i sivocrna.
- SJAJ: metaličan, blistav do zagasit.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile, te metamorfne stijene.
- LOKALITETI: Kanada (Cobalt mine, Ontario), Meksiko (Sonora)...



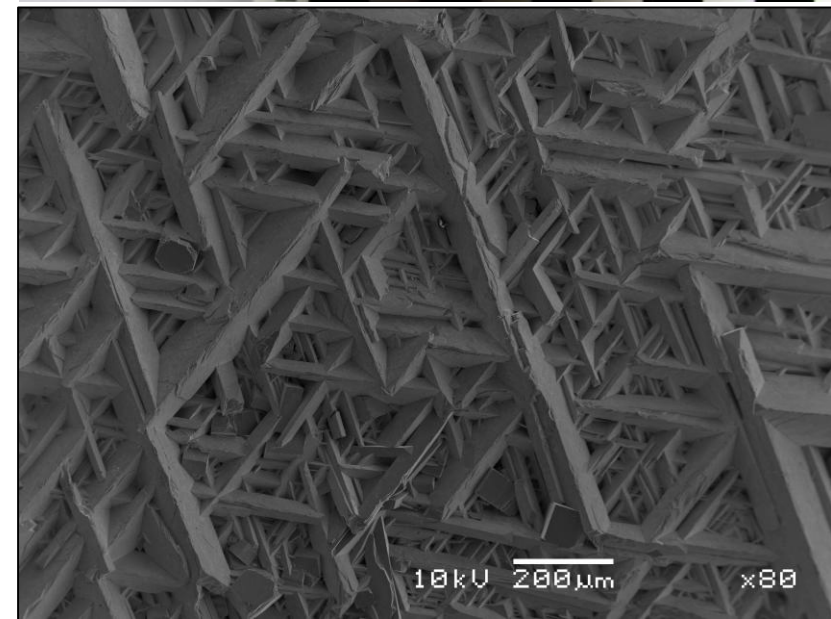
MARKAZIT – FeS_2

- **KRISTALNI SUSTAV:** rompski
- **KRISTALNI RAZRED:** $2/m\ 2/m\ 2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:** $Pn\bar{m}$
- **HABITUS:** kristali se obično pločasti po $\{010\}$, ali mogu biti i piramidskog, prizmatskog i igličastog habitusa. Srastanje po $\{101\}$ je uobičajeno i može biti višestruko (petorci), te ponekad po $\{011\}$. Sraslaci izgledaju poput pagoda. U vidu korica, radijalno- i paralelno zrakastim, te sigastim, sitnozrnatim, bubrežastim i masivnim agregatima.
- **TVRDOĆA:** 6 - $6\frac{1}{2}$
- **KALAVOST:** jasna po $\{101\}$, u tragovima po $\{110\}$.
- **LOM:** neravan; krt je.
- **BOJA I CRT:** svijetlomjedenožuta, čak i kositrenobijela. Nahuče se kao i pirit, pa sve do crne. Crt je zelenkastocrn.
- **SJAJ:** metaličan kada je svjež.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** nastaje u reduktivnim sredinama iz kiselih otopina. U kredama, šejlovima, glinama, vapnencima i ugljenima.
- **LOKALITETI:** Češka, Njemačka, Francuska, Engleska...



ARSENOPIRIT – $FeAsS$

- **KRISTALNI SUSTAV:** monoklinski
- **KRISTALNI RAZRED:** $2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:** $P2_1/c$
- **HABITUS:** kristali su obično kratkoprizmatski do igličasti. Pseudorompskog su habitusa s prizmom $\{110\}$ i baznim pinakoidom koji je obično jako prutan $\parallel [010]$. Sraslaci su česti po $\{100\}$, $\{001\}$, $\{101\}$ i $\{012\}$. Dvojci po $\{012\}$ se pojavljuju u vidu kosih križeva, a trojci su zvjezdolikog izgleda. U vidu masivnih, kompaktnih i štapićastih agregata.
- **TVRDOĆA:** $5\frac{1}{2}$ - 6
- **KALAVOST:** jasna po $\{101\}$, u tragovima po $\{010\}$.
- **LOM:** neravan; krt je.
- **BOJA I CRT:** srebronobijela, čeličnosiva kada je svjež. Nahuće se žuto pa nalikuje piritu. Crt je crn.
- **SJAJ:** metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** u raznim ležištima, najčešće u hidrotermalnim žilama. Ima ga u kontaktno- i regionalno- metamorfnim stijenama, ponekad u bazičnim stijenama i pegmatitima.
- **LOKALITETI:** Kosovo (Trepča), Srbija (Rudnik)...



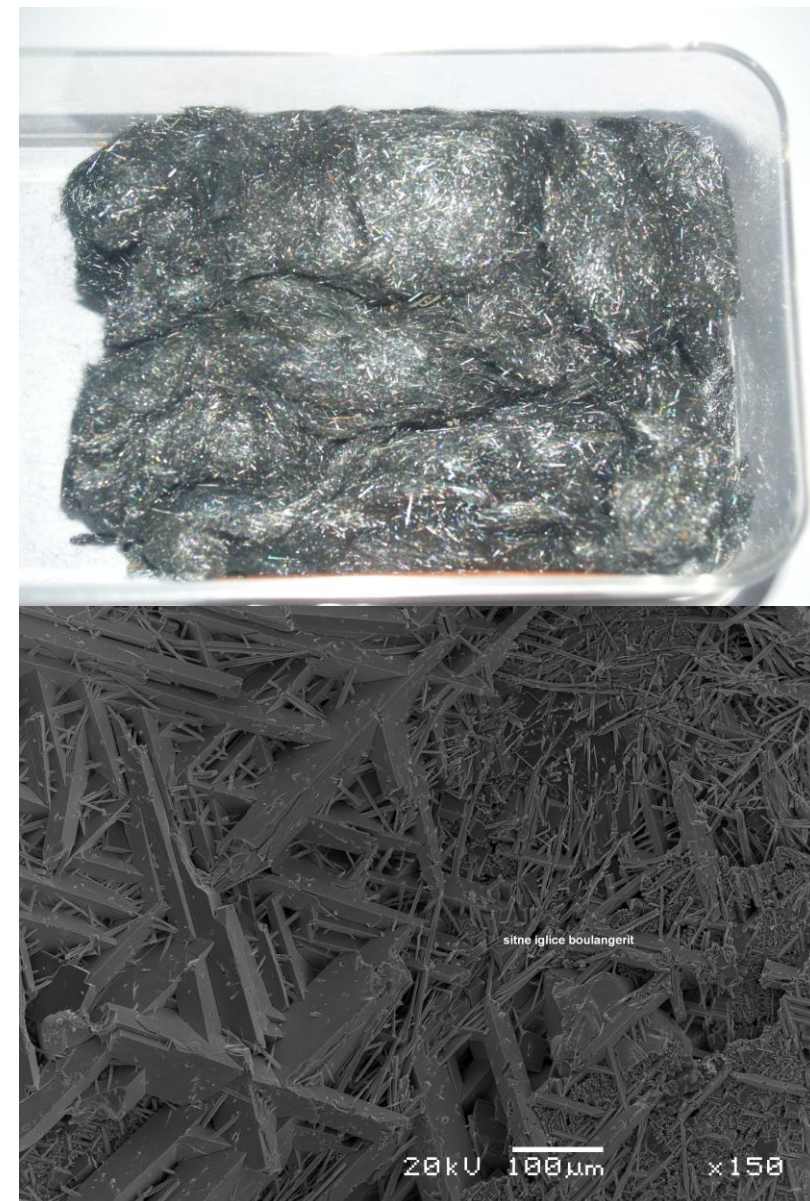
MOLIBDENIT – MoS_2

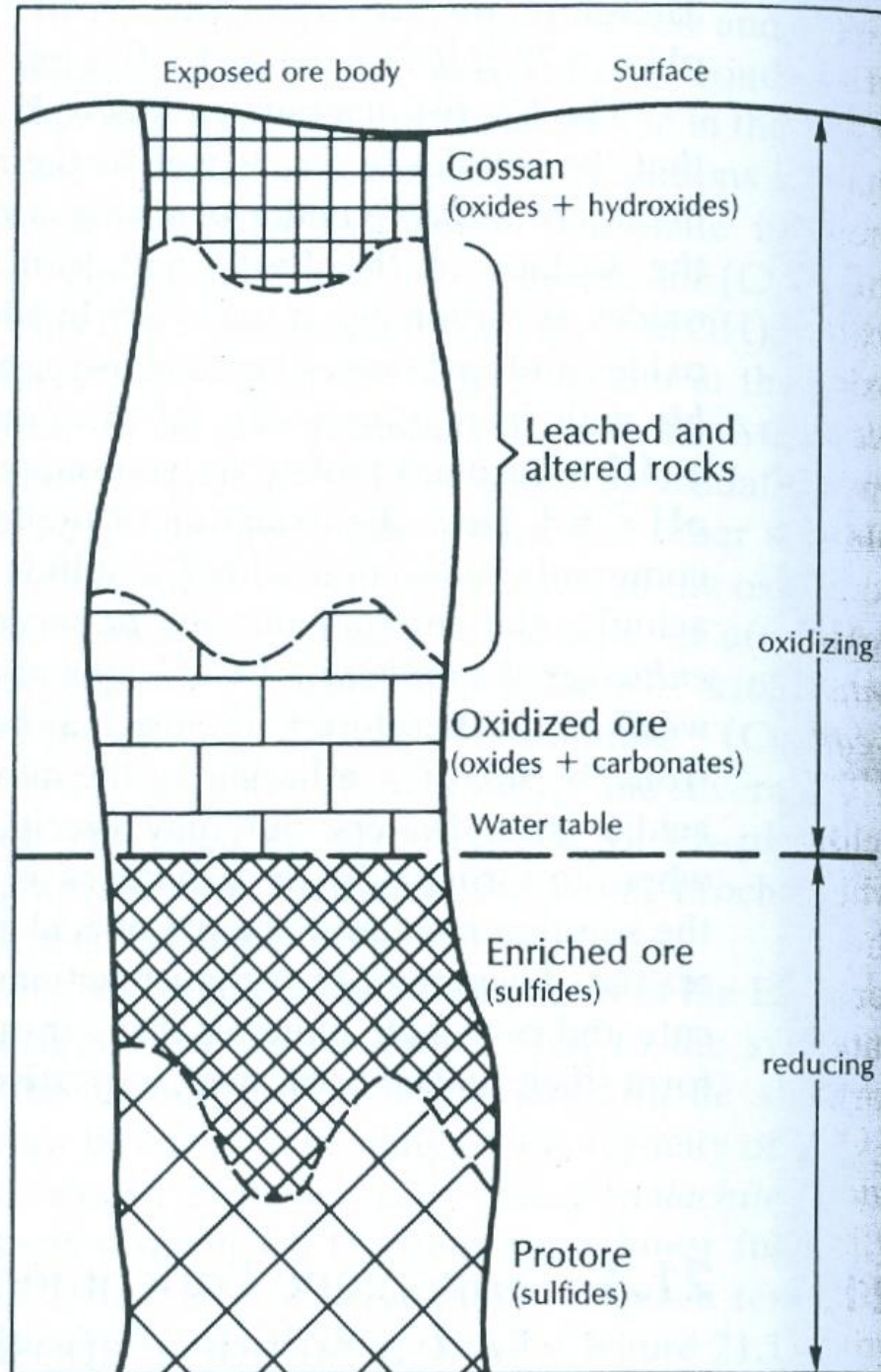
- **KRISTALNI SUSTAV:** heksagonski
- **KRISTALNI RAZRED:** $6/m\ 2/m\ 2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:** $P6_3/mmc$
- **KRISTALNA STRUKTURA:** listićava sendvič struktura.
- **HABITUS:** kristali su slabo razvijeni sa svinutim bridovima: pločasti, heksagonalnog oblika, plohe su rijetko jasno razvijene – osim baze. Obično kao listićave ili radijalne mase, ili kao raspršena zrna.
- **TVRDOĆA:** 1 - $1\frac{1}{2}$
- **KALAVOST:** savršena i laka po $\{0001\}$.
- **LOM:** vrlo je freksibilan, neelastičan.
- **BOJA I CRT:** olovnosiva. Crt je zelenkast.
- **SJAJ:** metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** hidrotermalne žile, u granitima, pegmatitima, spilitima i kontaktno metamorfnim stijenama.
- **LOKALITETI:** SAD (Climax, Kolorado), Japan (Iwo Jima), Srbija (Surdulica)...



BOULANGERIT – $Pb_5Sb_4S_{11}$

- KRISTALNI SUSTAV: monoklinski
- KRISTALNI RAZRED: $2/m$
- PROSTORNA GRUPA: $P2_1/a$
- HABITUS: kad je razvijen u kristalima dugoprizmatski do igličast. Kristali su jako prutani paralelno $[001]$. Može biti vlaknast i vunast → varijetet *plumozit*. Kao kompaktne mase, fibrozni i škrljav i agregati.
- TVRDOĆA: $2\frac{1}{2}$ - 3
- KALAVOST: dobra po $\{100\}$.
- LOM: školjkast, krt, dok su vlakna elastična.
- BOJA I CRT: olovnosiv do plavičastoolovnosiv. Crt je smečkastosiv do smeđ.
- SJAJ: metaličan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: hidrotermalne žile.
- LOKALITETI: Kosovo (Trepča), BiH (Srebrenica), Francuska (Molieres – tipski lokalitet)...





Dvije su osnovne kemijske promjene u zoni oksidacije:

- oksidacija, disolucija i uklanjanje korisnog materijala.
- In situ transformacija minerala koji nose metale u oksidne faze



Figure 21.2 Schematic and hypothetical representation of oxidation and supergene enrichment of a low-grade mineral deposit containing disseminated sulfides of Fe, Cu, and other metals. As a result of oxidation of Cu sulfide in an acid environment caused by the oxidation of pyrite to solid $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Cu^{2+} ions are transported from the zone of oxidation to the water table. Secondary oxides and carbonates may be precipitated on the way. The Cu^{2+} ions that reach the water table "displace" Fe^{2+} from pyrite, chalcopryrite or bornite, thereby converting them to chalcocite (Cu_2S). As a result, the low-grade protore is significantly enriched in Cu and may be converted into Cu ore that is minable at a profit (adapted from Batemen, 1950, p. 245).

pirit (FeS_2)
 halkopirit (CuFeS_2)
 halkozit (Cu_2S)
 covellit (CuS)
 tenorit (CuO)
 kuprit (Cu_2O)
 malahit ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$)