

**UNIVERZITET U TUZLI**  
**Rudarsko-geološko-građevinski fakultet**

**Senaid Salihović**

**MIKROFIZIOGRAFIJA NEPROVIDNIH MINERALA**

**Tuzla, juna 2007 godine**

# MIKROFIZIOGRAFIJA NEPROVIDNIH MINERALA

**Izdavač:**

UNIVERZITET U TUZLI

**Autor:**

Dr.sc. SENAID SALIHOVIĆ, vanr.prof.

**Recenzenti:**

Dr.sc. HAZIM HRVATOVIĆ, vanredni profesor

Dr.sc. AMIR BARAKOVIĆ, vanredni profesor

**Odgovorni urednik:**

Dr.sc. ABDULAH BAŠIĆ, redovni profesor

**Lektor:**

AZRA UŠANOVIĆ, nastavnik bosanskog jezika

**Tehnička priprema i naslovna strana:**

Dr.sc. SENAID SALIHOVIĆ, vanr.prof.

**Štampa:**

Ars grafika, Tuzla

**Tiraž:**

100 primjeraka

---

CIP – Katalogizacija u publikaciji

Nacionalna i univerzitetska biblioteka Bosne i Hercegovine, Sarajevo

549 . 903 . 56 ( 075 . 8 )

**SALIHOVIĆ, Senaid**

Mikrofiziografija neprovidnih minerala / Senaid Salihović.-Tuzla:

autor, 2007.-124 str. :ilustr.; 24 cm

Bibliografija: str.121

ISBN 978 – 9958 – 890 – 11 – 6

COBISS.BH – ID 16062470

---

Izdavanje ovog univerzitetskog udžbenika odobrio je Senat Univerziteta  
u Tuzli odlukom broj : 03-6314-6.4/07 od 26.09.2007. godine



Manualia universitas studiorum Tuzlaensis  
(Udžbenici Univerziteta u Tuzli)

## SADRŽAJ

PREDGOVOR .....	1
<b>2. OPŠTI DIO .....</b>	<b>2</b>
2.1. RUDNI MIKROSKOP .....	2
2.2. OBJEKTIVI ZA RUDNI MIKROSKOP .....	4
2.3. SPECIFIČNOSTI ODBIJANJA SVJETLOSTI OD UGLAČANIH POVRŠINA .....	5
2.4. IZRADA PREPARATA RUDA .....	5
Izrada ravne površine .....	6
Prethodno brušenje .....	6
Završno brušenje .....	6
Prethodno glačanje .....	7
Završno glačanje .....	7
<b>3. OPTIČKE KARAKTERISTIKE MINERALA RUDA .....</b>	<b>7</b>
3.1. Optičke karakteristike neprovidnih minerala "apsorbirajućih kristala" .....	8
<b>4. KARAKTERISTIKE MINERALA POD RUDNIM (METALOGRAFSKIM) MIKROSKOPOM .....</b>	<b>10</b>
4.1. Ispitivanja u običnoj svjetlosti .....	10
4.1.1. Morfološke osobine .....	10
4.1.2. Kohezione osobine .....	10
4.1.3. Izdvajanja .....	12
4.1.4. Hemijske osobine (nagrivanje) .....	12
4.2. Ispitivanje sa jednim Nikolom u linearno polarisanoj svjetlosti .....	13
4.2.1. Polarizaciono stanje odbijenih talasa .....	14
4.2.2. Moć odbijanja i utisak boje .....	15
4.2.3. Unutrašnji refleksi .....	18
4.2.4. Mjerenje količine odbijene svjetlosti .....	19
4.2.5. Birefleksija .....	22
4.3. Ispitivanja sa ukrštenim Nikolima u linearno polarisanoj svjetlosti .....	23
4.3.1. Utisci anizotropije .....	23
4.3.2. Unutrašnja građa .....	26
<b>5. PODJELA MINERALA RUDA .....</b>	<b>28</b>
5.1. OPTIČKI IZOTROPNI MINERALI .....	28
5.1.1. PLATINA Pt .....	28
5.1.2. SREBRO Ag .....	29
5.1.3. ŽELJEZO Fe .....	30
5.1.4. OLOVO Pb .....	31
5.1.5. ZLATO Au .....	31
5.1.6. BAKAR Cu .....	32
5.1.7. GALENIT PbS .....	33
5.1.8. SVALERIT ZnS .....	35
5.1.9. PIRIT FeS <sub>2</sub> .....	37

5.1.10. MELNIKOVIT-PIRIT $\text{FeS}_2$ .....	38
5.1.11. BRAVOIT $(\text{Fe,Ni})\text{S}_2$ .....	39
5.1.12. PENTLANDIT $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ .....	40
5.1.13. LINEIT $\text{Co}_3\text{S}_4$ .....	40
5.1.14. BORNIT $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ .....	41
5.1.15. HALKOZIN $\text{Cu}_2\text{S}$ .....	43
5.1.16. TETRAEDRIT $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ , i TENANTIT $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ .....	44
5.1.17. MAUHERIT $\text{Ni}_4\text{As}_3$ .....	46
5.1.18. SKUTERUDIT $\text{CoAs}_3$ .....	47
5.1.19. MAGNETIT $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ili $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	48
5.1.20. HROMIT $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ili $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ .....	50
5.1.21. URANINIT (PEHLENDA) $\text{UO}_2$ .....	51
5.2. OPTIČKI ANIZOTROPNI MINERALI.....	53
ČISTO BIJELI.....	53
5.2.1. KOBALTIN $(\text{Co,Fe})\text{AsS}$ .....	53
5.2.2. ARGENTIT $\text{Ag}_2\text{S}$ .....	53
5.2.3. BURNONIT $\text{CuPbSbS}_3$ .....	55
5.2.4. POLIBAZIT $(\text{Ag,Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$ i PEARCIT (ARSENOPOLIBAZIT) $(\text{Ag,Cu})_{16}\text{As}_2\text{S}_{11}$ .....	56
5.2.5. REALGAR $\text{AsS}$ ili $\text{AsS}_4$ .....	57
5.2.6. VIRCIT $\text{ZnS}$ .....	57
5.2.7. BRAUNIT $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{3+}\text{SiO}_{12}$ .....	58
5.2.8. KOLUMBIT (NIOBIT) $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ i TANTALIT $(\text{Fe,Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ .....	58
5.2.9. VOLFRAMIT $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$ .....	60
5.2.10. MALAHIT $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ .....	61
5.2.11. AZURIT $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ .....	62
5.2.12. ANGLEZIT $\text{Pb}_5\text{O}_4$ .....	62
JASNO OBOJENI.....	63
5.2.13. HALKOPIRIT $\text{CuFeS}_2$ .....	63
5.2.14. KUPRIT $\text{Cu}_2\text{O}$ .....	65
5.2.15. BORNIT $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ .....	65
JAKO ANIZOTROPNI.....	67
ČISTO BIJELI.....	67
5.2.16. ANTIMON $\text{Sb}$ .....	67
5.2.17. ARSEN $\text{As}$ .....	67
5.2.18. SAFLORIT $(\text{Co,Fe})\text{As}_2$ – RAMELSBERGIT $\text{NiAs}_2$ .....	68
5.2.19. ARSENOPIRIT $\text{FeAsS}$ .....	69
5.2.20. LELINGIT $\text{FeAs}$ .....	71
5.2.21. BIZMUTINIT $\text{Bi}_2\text{S}_3$ .....	72
5.2.22. ANTIMONIT (STIBNIT) $\text{Sb}_2\text{S}_3$ .....	72

5.2.23. DŽEMSONIT $Pb_4FeSbS_{11}$	74
5.2.24. BULANŽERIT $Pb_5Sb_4S_{11}$	75
5.2.25. MOLIBDENIT $MoS_2$	76
<b>SLABO OBOJENI</b>	<b>78</b>
5.2.26. BIZMUT Bi	78
5.2.27. SILVANIT $(Ag,Au)Te_2$	78
5.2.28. MARKASIT $FeS_2$	79
5.2.29. POLIANIT-PIROLUZIT $MnO_2$	80
5.2.30. PSILOMELAN $BaMn^{2+}Mn^{4+}O_{20} \cdot 3H_2O$	81
5.2.31. PIRARGIRIT $Ag_2SbS_3$ i PRUSTIT $Ag_3AsS_3$	82
5.2.32. KERMEZIT $Sb_2S_2O$	84
5.2.33. AURIPIGMENT $As_2S_3$	84
5.2.34. CINABARIT (RUMENICA) $HgS$	84
5.2.35. LORANDIT $TiAsS_2$	86
5.2.36. STEFANIT $Ag_5SbS_4$	86
5.2.37. HEMATIT $Fe_2O_3$	86
5.2.38. GRAFIT C	88
5.2.39. RUTIL $TiO_2$	89
5.2.40. HIDROKSIDI GVOŽĐA	90
5.2.41. RUBINSKI LISKUN $Fe_2O_3 \cdot H_2O$	90
5.2.42. IGLIČASTA GVOZDENA RUDA $Fe_2O_3 \cdot H_2O$	91
5.2.43. HAUSMANIT $Mn_3O_4$	91
5.2.44. MANGANIT $\gamma-MnO(OH)$	92
5.2.45. KASITERIT $SnO_2$	92
5.2.46. CERUZIT $PbCO_3$	94
5.2.47. SMITSONIT $ZnCO_3$	94
<b>JASNO OBOJENI</b>	<b>95</b>
5.2.48. MILERIT $NiS$	95
5.2.49. NIKELIN $NiAs$	95
5.2.50. BRAITHAUPTIT $NiSb$	96
5.2.51. KUBANIT $CuFe_2S_3$	97
5.2.52. PIRHOTIN $Fe_{1-x}S$	98
5.2.53. KOVELIN $CuS$	99
5.2.54. ENARGIT $Cu_3AsS_4$	100
5.2.55. LUZONIT $Cu_2CuAsS_4$ ili $(Cu_3AsS_4)$	101
5.2.56. FAMANTIT $Cu_3SbS_4$	101
5.2.57. STANIN $Cu_2FeSnS_4$	102
5.2.58. ILMENIT $FeTiO_3$	103
5.2.59. TENORIT $CuO$	104
<b>5.3. MINERALI PRATIOCI RUDA (MINERALI JALOVINE)</b>	<b>106</b>

MINERALI JALOVINE-BEZ PRIMJETNE ANIZOTROPIJE .....	106
5.3.1. KVARC $\text{SiO}_2$ .....	106
5.3.2. OLIVIN $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ .....	106
5.3.3. LISKUNI .....	107
5.3.4. AMFIBOLI I PIROKSENI .....	107
5.3.5. BARIT $\text{BaSO}_4$ .....	108
5.3.6. FELDSPATI .....	108
5.3.7. FLUORIT $\text{CaF}_2$ .....	109
MINERALI JALOVINE SA JASNOM ANIZOTROPIJOM .....	109
5.3.8. SIDERIT $\text{FeCO}_3$ .....	109
5.3.9. KALCIT $\text{CaCO}_3$ .....	110
5.3.10. DOLOMIT $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .....	111
REGISTAR POJMOVA .....	112
LITERATURA .....	121

## **PREDGOVOR**

Usljed nedostatka pristupačne literature na našem jeziku, koje bi studenti mogli koristiti u okviru predmeta "Optika rudnih minerala" predstavljen je pregled najvažnijih i najčešćih minerala. Istovremeno je predstavljen i hemijski sastav, kristalni sistem, ponašanje pri glačanju, optičko ponašanje, način identifikacije, kao i genetski i paragenetski podaci.

Minerali su prikazani prema njihovim optičkim karakteristikama sa osnovnom podjelom na izotropne i anizotropne. Daljna podjela je na čisto bijele, slabo obojene i jako obojene.

Potrebno je naglasiti da mikroskopija providnih minerala čini nerazdvojnu cjelinu i predstavlja različite metode na istom području rada. Svaka ruda sadrži minerale jalovine i dijelove okolnih stijena, koji su providni, te samim tim slabo odbijaju svjetlost, tako da se u rudnom mikroskopu jedva mogu razlikovati. Ovdje su navadeni samo oni minerali koji se najčešće javljaju sa mineralima ruda, a njihovo detaljno definisanje se može vršiti pomoću petrografskog mikroskopa.

Mikroskopija rudnih, kao i mikroskopija petrogenih minerala je danas postala neophodno pomoćno sredstvo za brzo ispitivanje parageneze minerala u ležištima, kao i za pripremu i oplemenjivanje rude.

Ova mineralogija rudnih minerala nema ambiciju dati sistematiku većine rudnih minerala, što nije slučaj ni kod većine sličnih izdanja u svijetu, jer se kompletni podaci mogu naći u raznim više ili manje dostupnim datotekama. Cilj je da studenti imaju kompletan udžbenik za pripremanje ispita, kao i osnove u poznavanju sistematike minerala, petrologije i Ležišta mineralnih sirovina, koji se predaju za studente geologije na RGGF-u.

## 2. O P Š T I D I O

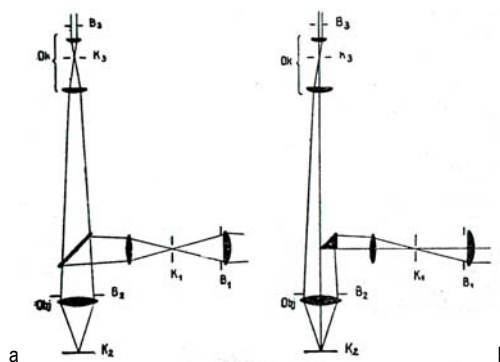
### 2.1. RUDNI MIKROSKOP

Radi proučavanja različitih optičkih osobina minerala, danas se u mineraloškim laboratorijama upotrebljavaju mikroskopi sa polarisanom svjetlošću. Jedan od takvih je prikazan na slici 1.



Sl.1. Rudni mikroskop model ROM-22

Najvažniji dio rudnog mikroskopa je uređaj koji omogućava upravno padnje svjetlosti na uglačanu površinu preparata. On se naziva *opak iluminator*. Konstrukcijski u pojedinostima ima donekle razlike u zavisnosti od proizvođača, ali načelno imaju istu svrhu. On se nalazi na donjem dijelu mikroskopskog tubusa: u njemu je smještena ili jedna planparalelna staklena pločica, koja je nagnuta pod uglom od  $45^{\circ}$ , ili jedna prizma koja se nalazi neposredno iznad objektiva i koja potpuno odbija svjetlost (Sl. 2.)



Sl.2. Shematski prikaz rudnog mikroskopa sa planparalelnom pločicom (a) i staklenom prizmom (b)

Svjetlost ulazi u *opak iluminator* kroz jedan otvor. Kod upotrebe staklene pločice svjetlosni zraci padaju na staklo pod uglom od  $45^{\circ}$ . Po zakonu odbijanja svjetlosti jedan dio svjetlosti se odbija i pada kroz objektiv na preparat. Drugi dio snopa ovih svjetlosnih zraka ponovo se odbija od uglačane površine preparata, prolazi kroz objektiv, providnu staklenu pločicu i pravi stvarni lik predmeta u okularu. Kod upotrebe prizme koja potpuno odbija svjetlost isti proces je nešto drugačiji. Prizma se nalazi na istom mjestu gdje se nalazi i staklena pločica. Pošto je neprovidna, ona smije da zahvata samo jedan



dio objektiva, tako da zraci koji se odbijaju od površine preparata mogu da prolazeći pored nje stignu do okulara. Zrake koje dolaze iz svjetlosnog izvora prizma šalje kroz objektiv na preparat, gdje se djelimično odbijaju. Odbijeni dio svjetlosnih zraka vraća se kroz objektiv, prolazi pored prizme i stvara sliku u okularu. Kod ove konstrukcije, međutim snop svjetlosnih zraka nikad ne pada na preparat potpuno vertikalno, zbog toga se pri upotrebi prizme uvijek pojavljuje koso osvjetljavanje preparata.

Pošto *opak iluminator* sa prizmom ima mnogo jače osvjetljenje, on se obično i više upotrebljava. Kod *opak iluminatora* sa staklenom pločicom gubi se najmanje 90 % svjetlosti upućene iz svjetlosnog izvora. Na preparat pada samo oko 15 % svjetlosti koja se odbija od staklene pločice, dok ostatak prolazi kroz nju. Kod *opak iluminatora* sa prizmom, svjetlost koja ulazi u mikroskop, gotovo sva se odbija i pada na preparat. Zbog neprovidnosti i svog položaja prizma omogućava osvjetljenje samo jedna polovine objektiva, tako da se i ovdje gubi bar polovina svjetlosnog intenziteta. Uzevši u obzir još i gubitke koji nastaju u polarizatoru pri stvaranju polarisane svjetlosti, dolazimo do toga da se u mikroskopiji ruda mora raditi sa vrlo jakim svjetlošću. Pored svjetlosnog izvora sa malim lukom u radu su se pokazale naročito podesne i lampe niske voltaže, sa svjetlosnim izvorom koncentrisanim u jednoj tački. U mikroskopiji ruda ne može se raditi sa običnim slabim sijalicama, koje su uglavnom namijenjene za osvjetljenje većih površina, a još manje sa dnevnom svjetlošću.

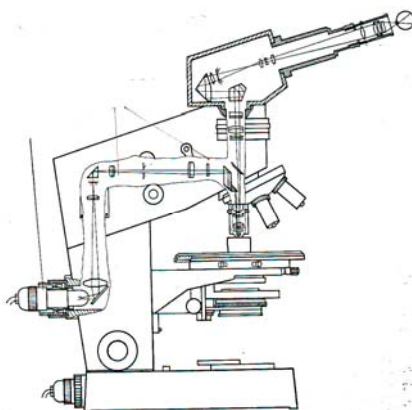
Osim toga potrebno je jedno sabirno sočivo koje sakuplja zrake svjetlosnog izvora i upućuje ih u *opak iluminator*. Ovo sočivo je obično ugrađeno na naročitom stativu koji se stavlja ispred *opak iluminator* i koji se zove stativ za osvjetljavanje. Ovaj stativ ima i jednu '*blendu*' koja služi kao aperturno sočivo, tj. omogućava smanjivanje jačine svjetlosti.

'*Blenda*' koja služi za sužavanje vidnog polja pri nepromijenjenoj jačini svjetlosti ugrađena je na prednjem dijelu *opak iluminatora*. Ovaj osim toga ima i jednu cjevčicu u vidu čahure, u koju se može namjestiti polarizator. Pri podešavanju osvjetljenja, naročito kod izvora sa malim svjetlosnim lukom, treba obratiti pažnju na to da fokus (žiža) svjetlosnih zraka ne pada na polarizator koji se kviri usljed toplote koja topi sloj '*kanada balsama*' u Nikolima (Sl.3.)

Rudni mikroskop u svojoj osnovnoj konstrukciji u suštini odgovara petrografskom polarizacionom mikroskopu. U tubusu se nalazi analizator, koji se prema potrebi može namjestiti ili skinuti. Postolje mikroskopa je pokretno, ima podjelu na stepene i nonijus. *Opak iluminator* je smješten na donjem dijelu tubusa. Pošto svjetlost kod rudnog mikroskopa ne dolazi odozdo, nego odozgo, tubus se prilikom rada ne smije pokretati. Pri svakom pokretanju tubusa osvjetljenje se mora iznova podešavati, što kod svakog slučaja zadržava kontinuitet rada. Da bi se izjednačilo odstojanje između preparata i objektiva, koje se poremeti ili u toku rada, ili usljed različite debljine preparata koji se ispituju, potrebno je da se stočić za preparate rudnog mikroskopa može pokretati gore i dolje.

Radi toga se obični 'petrografski' mikroskopi uglavnom ne mogu koristiti u mikroskopiji ruda, ali postoji niz pomoćnih dijelova koji omogućava mikroskopska ispitivanja rude i sa običnim petrografskim polarizacionim mikroskopom. Ovi uređaji zasnivaju se na dva principa. Kod prvog je svjetlosni izvor učvršćen za tubus, a kod drugog se za tu svrhu dodaje pomoćni stočić za mikroskopiju ruda. U prvom slučaju uređaj se sastoji od jedne male lampe niske voltaže, koja je ugrađena u *opak iluminator*,

ili je učvršćena neposredno ispred njega; u oba slučaja ona je često vezana za tubus, tako da se istovremeno sa njim može dizati i spuštati. Ovakvi uređaji daju obično slabu svjetlost i nisu podesni za ispitivanja efekta polarizacije u odbijenoj svjetlosti.



**Sl.3.** Rudni mikroskop i princip rada

U drugom slučaju uređaj se sastoji od pomoćnog stočića koji je namješten ispod objektiva umjesto kondenzatora; on se može dizati i spuštati pomoću kondenzatorskog zavrtnja. Ova konstrukcija do sada se pokazala kao najbolja. U slučaju upotrebe vrlo jakih objektiva kod ovih uređaja gubi se tačnost u centriranju, što može znatno otežati rad. Njihovo veliko preimućstvo sadržano je u tome što se može raditi pri dosta jakoj svjetlosti.

## 2.2. OBJEKTIVI ZA RUDNI MIKROSKOP

Objektivi koji se kod običnog polarizacionog mikroskopa upotrebljavaju za ispitivanje u propuštenoj svjetlosti, ispravljaju se redovno za razliku debljine pokrovnog stakla (Deckglas-a), koji prekriva pločice stijena u petrografskim preparatima. Pošto se kod ispitivanja u odbijenoj svjetlosti ne smiju upotrebljavati pokrovna stakla, zbog eventualnog zamagljivanja slike ovi slabi objektivi (bez okulara), koji povećavaju najviše osam puta, kod kojih su razlike male, mogu se upotrebljavati i pri radovima u mikroskopiji ruda. Osim toga treba obratiti naročitu pažnju kod objektiva i preparata da nisu pod naponom, jer se u slučaju da postoji i najmanji napon u polarisanoj svjetlosti pojavljuju potpuno pogrešni efekti.

U mikroskopiji ruda vrlo često se upotrebljavaju tzv. objektivi za imerziju (umakanje), koji se u mikroskopiji stijena vrlo rijetko primjenjuju. Za razliku od suhog sistema kod kog se između objektiva i preparata nalazi vazduh, kod imerzionog sistema se obično nalazi imerziono ulje, uglavnom od kedrovog drveta (kedrovo ulje), sa indeksom prelamanja od  $n=1,516$ . Upotreba ovih specijalnih objektiva ima dva razloga. Prvo što se u mikroskopiji ruda radi sa mnogo jačim uvećanjem nego u mikroskopiji stijena. Ovi objektivi su zbog svog malog otvora i njegovog ugla za ulazak svjetlosnih zraka srazmjerno slabo osvijetljeni. Kao što je poznato, jačina svjetlosti kod objektiva zavisi od njegovog maksimalnog ugla otvora pod kojim svjetlosni zraci dolaze u objektiv. Ovaj ugao je utoliko veći, ukoliko je veći indeks prelamanja sredine koja se nalazi između preparata i objektiva. Zbog toga imerzioni sistem raspolaže jačim

osvjetljenjem od suhog sistema, pošto je indeks prelamanja imerzione sredine  $n=1,516$ , a vazduha  $n=1$ . računaska vrijednost ugla otvora naziva se 'numerička apertura'. Drugi razlog upotrebe imerzionih objektivna je to, što se mnoge pojave-naročito u polarisanoj svjetlosti, mogu mnogo jasnije primjetiti kada se uglačana površina nalazi pod uljem. Kod posmatranja u ulju gube se pojave prelamanja koje nastaju usljed reljefa na obodu zrna pojedinih minerala. Osim toga izvjesne optičke pojave u polarisanoj svjetlosti mogu se bolje zapaziti u ulju, nego u vazduhu. Zato su za mikroskopiju ruda izrađeni posebno slabiji objektivni za imerziju. Nedostatak imerzionog sistema je svakako to što minerali sa malom moći odbijanja u ulju više uopšte ne odbijaju svjetlost i postaju providni. Ovo se prije svega odnosi na žične, nemetalične minerale jalovine. Drugi nedostatak je prljanje uglačane površine imerzionim uljem, koje poslije kraćeg vremena očvršne i može preparat učiniti neupotrebljivim za dalji rad. Preparati se zato odmah poslije ispitivanja u ulju moraju dobro očistiti. Čišćenje se vrši Ksilolom i mekom tkaninom. Preparat se može oprati i sapunicom, ali se tada mora dobro isprati vodom i vrlo pažljivo osušiti.

### **2.3. SPECIFIČNOSTI ODBIJANJA SVJETLOSTI OD UGLAČANIH POVRŠINA**

Odbijanje svjetlosti od uglačanih površina, a naročito pri upotrebi linearno polarisane svjetlosti, prilično je složen proces. Treba uzeti u obzir to da se i uglačani presjeci kristala prilikom odbijanja mijenjaju linearno polarisanu svjetlost. Ovdje se ne može ulaziti u veoma složena teoretska razmatranja o odbijanju svjetlosti od uglačanih presjeka kristala. U okviru ovoga može se samo ukazati na najvažnije činjenice koje su od značaja za mikroskopska ispitivanja ruda.

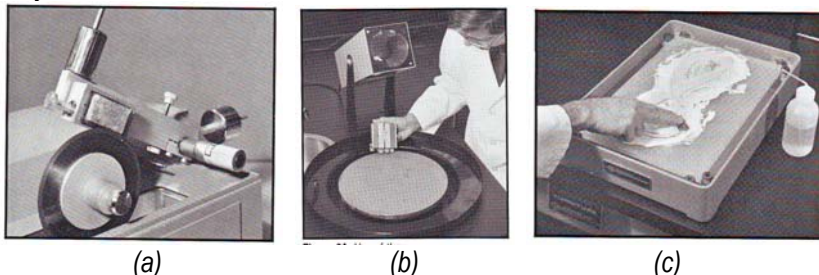
Već pri upotrebi obične nepolarisane svjetlosti javljaju se na graničnim površinama (koje prelamaju, odbijaju ili totalno odbijaju) pojave polarizacije. Ovo je naročito često kod upotrebe *opak iluminatora*. Da bi sa bar jedan ovih pojava otklonio preporučljivo je od početka raditi u linearno polarisanoj svjetlosti sa stalno uključenim polarizatorom. Tada se takođe javljaju skretanja ravni polarizacije, ali kod novijih uređaja *opak iluminatora*, te pojave su tako neznatne da nemaju nekog praktičnog značaja. Kod starijih tipova *opak iluminatora* nedostaju uređaji pomoću kojih se postiže jedinstveno polarisano vidno polje. Prema tome prilikom ispitivanja treba uzeti u obzir mogućnost da jedan isti mineral može različito izgledati pri upotrebi različitih *opak iluminatora*. Pojave odbijanja biće detaljno prikazane u daljem izlaganju.

### **2.4. IZRADA PREPARATA RUDA**

Izrada preparata za mikroskopska ispitivanja ruda, tzv. uglačanih preparata ruda, zahtijeva vrlo veliku pažnju, pošto od njihove izrade u mnogome zavise rezultati ispitivanja. Mnogobrojne greške koja nastaju pri posmatranju, jedino su posljedica upotreba slabo uglačanih preparata. Način brušenja i glačanja mora se podesiti prema tvrdoći, a naročito prema razlici u tvrdoćama pojedinih minerala koji se ispituju.

Za izradu preparata potreban je uređaj za brušenje i glačanje (poliranje). (Sl.4.) uglavnom su to uređaji sa koturom koji se okreće u horizontalnoj ravni. Za njih je potreban motor od 150-200 vati. Osim toga, uređaj treba da ima bar dva prenosa za podešavanje brzine okretanja kotura, koja treba da iznosi 600-1400 obrtaja u minuti. Mašina za brušenje obično ima određen broj kotura koji se prema potrebi mogu mijenjati. Neki od ovih kotura obloženi su karborundumom, a drugi su podešeni tako da se mogu obložiti tkaninom različite debljine. Osim ovih, postoje još i jednostavni koturi

od čelika ili stakla na kojima se može raditi sa vlažnim prahom karborunduma. Danas se uglavnom koriste gotovi samoljepljivi brusni papiri, koji su jednostavniji i praktičniji za rukovanje.



**Sl.4.** Sječenje (a), brušenje (b) i poliranje na biljarskoj čohi (c) preparata.

Rad na brušenju i glačanju (poliranju) odvija se sljedećim redom:

- izrada ravne površine
- prethodno brušenje
- završno brušenje
- prethodno glačanje (poliranje)
- završno glačanje.

#### **Izrada ravne površine**

Najbolje se dobija sječenjem komada rude koju treba ispitivati na mašini za sječenje stijena. Ako je materijal rastresit ili porozan, treba ga prethodno učvrstiti. Ranije je za ove svrhu korišten pečatni vosak ili "šelak", a danas su u upotrebi dvokomponentne epoksidne smole. Načelno treba paziti na to da površine izrađenih preparata ne budu velike. Ukoliko je površina veća teže je dobiti idealnu ravan. Ako je potrebno ispitivati veću površinu, onda je bolje izraditi veći broj manjih preparata. Veličina uglačane površine ne treba da bude veća od 2 cm<sup>2</sup>.

Površine koje se dobiju sječenjem na mašini za stijene bruse se poslije toga na ravnom čeličnom koturu od stakla za ogledala, pomoću vlažnog praha od finog karborunduma, sve dok površina ne bude podjednako ravna. Ovaj postupak je utoliko duži ukoliko je preparat sastavljen od tvrdih minerala. Poslije toga se pažljivo bruse ivice i čoškovi preparata, dok se ne zaoble da pri daljnjem glačanju ne bi cijepali čohu.

#### **Prethodno brušenje**

Vrši se najbolje ručno na ravnoj staklenoj ploči. Kao sredstvo za brušenje se upotrebljava najfiniji karborundum (1/200). Ovaj postupak se može vršiti i u dva dijela. Prvo sa karborundumom 1/60, a onda sa karborundumom 1/200. prethodno brušenje traje srazmjerno najduže od svih postupaka pri brušenju i glačanju i iziskuje naročitu pažnju. Ova obrada traje sve dok se ne dobije ravnomjerna i mutna površina, na kojoj se ogrebotine ne mogu više raspoznati.

#### **Završno brušenje**

Završno brušenje vrši se karborundumom 1/200, a poslije na koturu obloženog čohom ili lanenom tkaninom, koji se lagano obrće. Za vrijeme rada tkanina mora uvijek biti vlažna, a preparat treba stalno okretati, da ne bi došlo do takozvanih "sjenki brušenja". To su udubljenja koja znatno ometaju mikroskopska ispitivanja i mogu

dovesti do pogrešnih zaključaka. Dužina trajanja ovog postupka zavisi od tvrdoće minerala. Suviše dugo završno brušenje vodi stvaranju visokog reljefa.

#### **Prethodno glačanje**

Vrši se pomoću aluminijum oksida ( $Al_2O_3$ ) različite tvrdoće, hrom-oksida ili pariskog crvenila (fina prašina oksida gvožđa). Glačanje se vrši na koturu koji se lagano okreće, a koji može biti obložen sa bilijarskom čohom. I ovdje se ne smije dozvoliti da tkanina ostane potpuno suha.

#### **Završno glačanje**

Vrši se na koturu koji je presvučen najfinijom bilijarskom čohom. Glačanje se vrši sa najfinijim prahom  $Al_2O_3$  (ton-erde) ili sa  $MgO$  (magnezija ust). Potrebno je tkaninu poslije svakog glačanja pažljivo oprati.

Pri svakom prelasku sa jednog postupka na drugi, od grubog brušenja na finije, kao i od prethodnog glačanja na završno, treba dobro i temeljito oprati preparat i ruke, da ostaci ranije upotrebljavanog sredstva za brušenje ili glačanje ne bi stvarali poteškoće i oštetili uglačanu površinu preparata.

U svim procesima brušenja i glačanja rude, načelno se radi vlažnim sistemom. Postupak je drugačiji od uobičajenih postupaka koji se vrše u metalurgiji, gdje se brušenje i glačanje vrši suhim putem, jedno za drugim, mijenjajući pri tom samo papir sa različitim finoćom zrna karborunduma. Kod suhog načina obrade površina minerala na preparatu mijenja se toliko da dovodi do pogrešnih zaključaka, naročito pri posmartanju u polarisanoj svjetlosti.

Vrijeme trajanja izrade jednog uglačanog preparata rude uglavnom ne može se tačno odrediti. Preparat od jedinstvenog minerala iziskuje za izradu manje vremena nego onda ako je to skup više minerala. Izrada preparata rude trajeće utoliko duže ukoliko se minerali više razlikuju po tvrdoći.

Gotov preparat treba dobro očistiti i oprati; prije svega mora se što brže osušiti, najbolje na struji toplog vazduha. Poslije toga preparat se učvrsti pomoću plastelina ili neke smole (danas se najčešće koriste dvokomponentne epoksi smole) na staklenu pločicu. Pošto uglačana površina preparata mora biti potpuno vodoravna, njeno namještanje na pločici vrši se ručnom presom koja potpuno vodoravno utiskuje preparat u meku masu plastelina. Neke rude, naročito minerali bakra stupaju u hemijsku vezu sa sumporom iz plastelina, pa se poslije izvjesnog vremena raspadaju. U tim slučajevima je praktičnije upotrijebiti epoksidne smole.

Kod ispitivanja rastresitih zrna danas se često koriste kalupi u koje se stavlja smjesa minerala i epoksidne smole, presuju se i onda obrađuje kao običan komad rude.

Ovo je standardan način izrade preparata. Zavisno od vrste minerala, tvrdoće i sastava, potrebni su i različiti oblici obrade, za što je potrebno određeno iskustvo u radu. Mogućnosti pravilnog ispitivanja rude u velikoj mjeri zavise od kvaliteta preparata koji se ispituje.

### **3. OPTIČKE KARAKTERISTIKE MINERALA RUDA**

Mikroskopsko ispitivanje ruda je mnogo složenije od mikroskopskog ispitivanja providnih minerala. Mnoge stvari u njoj još nisu razjašnjene. Pošto pojave u polarisanoj svjetlosti zavise od optičkih odnosa, dat ćemo kratak pregled osnova optičkih karakteristika minerala ruda, ukazati samo na bitne činjenice, bez udubljanja u matematičke zaključke.

U cilju prikazivanja optičkih odnosa kod providnih minerala, obično se koristi optička indikatriša, tj. geometrijskim tijelom koje je određeno indeksom prelamanja talasa koji se prostiru u kristalu u različitim pravcima. Indikatriša je u opštem slučaju troosni elipsoid.

Sa neprovidnim mineralima je nešto drugačije. Ovdje se svjetlost ne samo prelama, već i apsorbuje, a način i veličina ove apsorpcije takođe su različiti i zavise od kristalografskih pravaca. Prema tome ovdje su optički odnosi određeni, ne samo indeksom prelamanja "n", već i indeksom apsorpcije "N", odnosno koeficijentom apsorpcije "H". Zato se ovi minerali optički označavaju kao i kao "apsorbujući" minerali. Suštinski i za ove kristale postoji jedna indikatriša, tj. u opštem slučaju troosni elipsoid kao prostorno tijelo, ali ova indikatriša je kompleksna i ima kompleksan sistem simetričnih osi.

U optičkim odnosima razlikujemo pet slijedećih optičkih grupa:

-*Optički izotropni kristali (minerali):* u svakom homogenom kristalu teseralnog sistema svi optički pravci su istovjetni optička indikatriša je lopta.

-*Optički jednoosni kristali:* u svakom kristalu heksagonskog, trigonskog i tetragonskog sistema svi pravci koji su nagnuti pod istim uglom prema kristalografskoj osi "c", optički su istovjetni, tako da je os "c" ovdje os izotropije u kojoj se vrši prosto prelamanje. U svim drugim pravcima svjetlost je usljed dvojnog prelamanja izmjenjena i linearno polarisana. Optička indikatriša je rotacioni elipsoid.

-*Optički dvoosni kristali:*

a) Rombični kristali. Kod optičkih pojava postoje uvijek tri ravni simetrije, koje stoje upravno jedna na drugoj i čija su tri presjeka binarne osi simetrije. Nema drugog pravca koji bi imao optičke i kristalografske osobine simetrije osi izotropije, ali ipak postoje dva pravca u kojima se prostire samo jedan talas i u kome nema dvojnog prelamanja. To su npr. optičke osi. Ove osi ne podudaraju se sa glavnim kristalografskim pravcima. U svim drugim pravcima nastupa dvojno prelamanje. Optička indikatriša je troosni elipsoid.

b) Monoklinski kristali. Optički odnosi slični su odnosima kod rombičnih kristala, s tim što postoji još jedna ravan simetrije i jedna binarna os simetrije koja pada upravno na ravan

c) Triklnski kristali. Kod njih ne postoji ni ravan ni os simetrije, već samo centar simetrije.

### 3.1. Optičke karakteristike neprovidnih minerala "apsorbujućih kristala"

-*Teseralni kristali.* S obzirom na brzinu prostiranja svjetlosti i polarizaciju, kod njih su prilike iste kao i kod kristala koji ne apsorbuju. Prelamanje svjetlosti je prosto. Apsorpcija se ispoljava jedino u smanjivanju amplituda. Kristali su i ovdje izotropni. Kompleksna indikatriša sastoji se od koncentričnih lopti sa poluprečnikom  $n$  i  $nH$

-*Heksagonski, trigonski i tetragonski kristali.* Kod njih se odnosi takođe malo razlikuju od odnosa kristala koji ne apsorbuju. Kristalografska os  $c$  postoji i dalje kao os izotropije. Međutim kompleksna indikatriša sastoji se od dvije rotacione površine sa zajedničkom rotacionom osi, koja se poklapa sa kristalografskom osi  $c$ . Rotacione osi ove dvije površine različite su dužine. Rotacione površine međutim odstupaju po matematičkim oblicima od teoretskih elipsoida. Svjetlost ovih kristala još ostaje linearno polarisana.

**-Rombični kristali.** Optički odnosi kod kristala koji apsorbuju mnogo su složeniji od odnosa kod kristala koji ne apsorbuju svjetlost. Ovi odnosi stvarno su određeni samo kod antimona. Kao što je poznato u rombičnom sistemu kristalografski su utvrđene osi simetrije **a**, **b** i **c**. S njima se poklapaju tri glavna indeksa prelamanja; u njima leže i glavne osi apsorpcije sa vrijednostima **nH**. Kompleksna indikatriisa sastoji se od dvije površine sa po tri glavne osi nejednakih dužina: osi se po svom položaju podudaraju i stoje upravno jedna na drugu. Ove površine nisu više elipsoidi. Iz odnosa se matematički može zaključiti da su talasi - koji se prostiru samo u tri glavna presjeka simetrije - linearno polarisani. U svim drugim pravcima talasi su eliptično polarisani, tako da elipse titranja leže ukrštene pod uglom  $90^0$  i imaju isti smjer i odnos osi. Ovi odnosi su od naročito značaja za posmatranja u rudnom mikroskopu.

Obzirom na optičke osi, odnosi su drugačiji nego kod kristala koji ne apsorbuju. Kod rombičnog sistema optičke osi ne poklapaju se sa kristalografskim pravcima. One jedino leže simetrično u odnosu na glavne presjeke. Kod rombičnih kristala koji apsorbuju postoje takođe dva pravca u kojima indeksi prelamanja oba talasa imaju iste vrijednosti. Ovi pravci leže na jednom od glavnih presjeka – to su osi polarizacije.

Ove osi polarizacije nisu optičke osi, pošto koeficijenti apsorpcije za oba talasa ostaju različiti u ovim pravcima, prema tome svjetlost ostaje još uvijek linearno polarisana. Osim ovog, postoje još dva pravca, kod kojih vrijednosti koeficijena apsorpcije ostaju iste za oba talasa. Ovi pravci takođe leže na jednom od glavnih presjeka. Oni se nazivaju '*osima apsorpcije*'. Indeksi prelamanja u ovim pravcima imaju različite vrijednosti, radi toga i uslovi polarizacije ostaju isti – linearni. Najzad na glavnim pravcima se javljaju još dva pravca u kojima moć odbijanja, koja je uslovljena indeksom prelamanja i indeksom apsorpcije, takođe za oba talasa ima iste vrijednosti. Ove osi nazivaju se – osima izotropije odbijanja. Svjetlost i ovdje ostaje linearno polarisana. Prema tome kristali koji apsorbuju imaju tri para osi, a ne jedan, kao kristali koji ne apsorbuju svjetlost.

Pored ovog, u rombičnom sistemu, osim tri glavne ravni simetrije, postoje još četiri pravca, koji u odnosu na njih leže simetrično i u kojima oba talasa imaju iste vrijednosti i za indekse prelamanja i za indekse apsorpcije. Ovi pravci se nazivaju '*singularnim osima*' (osima zavijanja). Singularne osi najslabije su optičkim osima kristala koji ne apsorbuju svjetlost i mogu se uporediti sa njima. U njima se prostiru kružno polarisani talasi. Prema tome, kod rombičnih kristala koji apsorbuju svjetlost, nema pravih optičkih osi.

**-Monoklinski kristali.** I kod monoklinskih kristala koji apsorbuju svjetlost, kompleksna indikatriisa, sastoji se takođe, od dvije površine sa po tri glavne osi nejednake dužine, s tim što ovdje jedna od glavnih osi ima pravac za obje površine. Ona se poklapa sa kristalografskim pravcem **b**. Linearno polarisana svjetlost postoji samo u ravni glavnog kristalografskog presjeka **a/c**. Simetrično u odnosu na nju leže četiri singularne osi.

**-Triklinski kristali.** Kompleksna indikatriisa sastoji se od dvije površine koje jedino imaju zajednički centar simetrije i koje su proizvoljno orijentisane u kristalu.

Monoklinski i triklinski kristali koji apsorbuju svjetlost prilično su rijetki; radi toga njihove optičke pojave nemaju praktičnog značaja. Suprotno tome broj rombičnih kristala je znatno veći.

#### 4. KARAKTERISTIKE MINERALA POD RUDNIM (METALOGRAFSKIM) MIKROSKOPOM

Pošto se u mikroskopiji ruda optičke konstante minerala mogu utvrditi samo u ograničenoj mjeri, i pošto se za mjerenja, gdje ih je moguće izvršiti, potrebni posebni aparati, u običnoj praksi se u velikoj mjeri moramo osloniti na subjektivna opažanja. Radi svega toga za sigurno raspoznavanje i određivanje jednog minerala, potrebno je utvrditi veliki broj osobina. Ove osobine se odnose kako na njegov spoljni oblik, tako i na optičke pojave. Optičke pojave prema načinu posmatranja u mikroskopu možemo podijeliti na tri grupe:

**I. Posmatranja u običnoj svjetlosti.** Ona obuhvataju oblik kristala, bližnjenje, zonarnost, izdvajanja, deformacije, cjepljivost, tvrdoću, reljef. Ponašanje pri glačanju, struktura i tekstura masa. Osim toga, ovdje se mogu priključiti i hemijske osobine (strukturno nagrizanje).

**II. Posmatranja sa jednim Nikolom u linearno polarisanoj svjetlosti.** Ovdje se posmatra utisak boje, utisak odbijanja svjetlosti, unutrašnji refleksi, veličina moći odbijanja (količina odbijene svjetlosti) i birefleksija (refleksni pleohroizam).

**III. Posmatranja u ukrštenim Nikolima u linearno polarisanoj svjetlosti.** To su vrlo važna posmatranja utiska (efekta) anizotropije. Osim toga, ovdje se mogu vršiti posmatranja sa zapažanjima o unutrašnjoj građi i sklopu zrna minerala ruda.

##### 4.1. Ispitivanja u običnoj svjetlosti

Za ovakva ispitivanja nije polarisana svjetlost nije potrebna niti iz optičkih razloga, niti zbog odbijanja svjetlosti. Istina ni ovdje se u praksi ne odstranjuje polarizator sa opak iluminatora i posmatranja se stvarno vrše u linearno polarisanj svjetlosti, pošto ona ne ometa posmatranja.

###### 4.1.1. Morfološke osobine

**Oblik kristala.** Većina agregata minerala ruda pojavljuje se u alotriomorfno-zrnastim agregatima i obično bez izrazitog kristalnog ovičenja. Radi toga se pojave bližnjenja, klizne površine i zona narastanja, pri običnoj svjetlosti mogu srazmjerno rijetko primjetiti. One se obično pojavljuju u polarisanoj svjetlosti ili poslije strukturnog nagrizanja preparata. Pa ipak postoje neki minerali i rude koji se skoro redovno javljaju u određenim kristalnim oblicima, za koje su onda oni naročito karakteristični. Tako je npr. za mineral saflorit  $\text{CoAs}_2$  karakteristično pojavljivanje u malim rombičnim presjecima koji izgrađuju prodorne blizance u vidu malih zvjezdica. Pirit  $\text{FeS}_2$  često pojavljuje u vidu heksaedra, hematit u vidu malih pločica, magnetit u obliku oktaedra itd. Prilikom posmatranja oblika potrebno je voditi računa o tome da se u mikroskopu posmatra samo presjek kristala. Tako tabličast mineral pokazuje u presjeku štapičast oblik. Samo prosti, kratki i debeli kristalni oblici mogu se karakterisati više ili manje pravilnim presjecima.

###### 4.1.2. Kohezivne osobine

**Cjepljivost.** Mnoge rude pokazuju u uglačanim preparatima cjepljivost. Ova cjepljivost ne odgovara uvijek najboljoj cjepljivosti koja se može zapaziti golim okom. Njen postanak u mnogome zavisi od načina brušenja zbog čega se i naziva cjepljivost nastala brušenjem. Tako se npr. galenit odlikuje mnogobrojnim trouglastim udubljenjima, naročito u preparatima koji nisu potpuno dovršeni. Ova cjepljivost može



se lako zapaziti onda kada je ruda nešto izmijenjena oksidacijom ili nekim drugim naknadnim procesom. Ponekad se pomoću cjepljivosti mogu zapaziti pojave deformacija i druge promjene

Cjepljivost se jasnije pokazuje poslije strukturnog nagrizanja preparata, zbog toga što se tada otkloni površinski sloj koji se stvorio usljed glačanja i koji je najasan. Pored ovih mogu se pojaviti i druga vrsta cjepljivosti tzv. cjepljivost nastala nagrizanjem.

**Tvrdoća.** Prilikom mikroskopskog ispitivanja tvrdoće minerala, obično se utvrđuje tvrdina paranja kao pomoćno sredstvo za dijagnozu. Pri tome se prema prodirućem vrhu neke druge materije određuje relativna otpornost minerala. Ova relativna tvrdoća može se takođe odrediti i kod uglačanih preparata i to prema ogrebotinama koje nastaju pri brušenju, a koje prelaze preko nekoliko minerala. Ove ogrebotine biće jasnije i dublje kod mekih nego kod tvrdih minerala. Kod tvrdih će u većini slučajeva čak i potpuno nestati.

U mikroskopiji ruda tvrdoća pri brušenju je mnogo značajnija od tvrdine paranja. Ova tvrdoća uslovljena je otpornošću različitih minerala prema sredstvima za brušenje i glačanje, i ne podudara u svim slučajevima sa tvrdoćom paranja. Ona uslovljava reljef uglačanog preparata. Minerali veće tvrdoće pri brušenju dobijaju ispučenje na uglačanoj površini, a mekši - udubljenje. Visina ovog ispučenja na dobro uglačanom preparatu mora se eliminirati što je moguće više, pošto visok reljef može u mnogome ometati optička posmatranja. Visina reljefa znatno zavisi od načina postupanja pri glačanju i od podloge koja se tom prilikom upotrebljava. Meke podloge povećavaju reljef, a tvrde smanjuju. Ako se u rudi nalaze minerali različite tvrdoće, onda se ni pri najvećoj brižljivosti u radu ne može potpuno izbjeći stvaranje izvjesnog reljefa. Na preparate naročito jako utiče pirit koji se vrlo često pojavljuje i koji je vrlo tvrd. Reljef služi za određivanje relativne razlike tvrdoće minerala koji se nalazi u jednom preparatu. Ovo se mora raditi sa velikom pažnjom pošto raspoznavanje udubljenja i ispučenja pod mikroskopom nije uvijek lako i jednostavno. Pri tome je najbolje da se služimo svjetlošću koja pada nešto koso i posmatrati otkinute dijelice sa površine preparata, jer oni moraju imati izgled udubljenja koja ostaju pomračena.

**Svjetlosna linija,** koju je otkrio Šnajderhohn (Schneiderhöhn) siguran je znak za određivanje relativne razlike u tvrdoći. Po svom spoljnjem obliku, ona je slična Becke-ovoj liniji u polarizacionom mikroskopu i prouzrokuju je takođe slične optičke pojave. Ova svjetlosna linija se pri dizanju tubusa uvijek kreće od tvrdog ka mekšem mineralu. Ovdje se izvjesne teškoće mogu pojaviti samo na granici između minerala koji jako apsorbuju i minerala koji slabo apsorbuju svjetlost. U takvim slučajevima potrebna je obazrivost i preporučuje se uključivanje polarizatora.

**Sposobnost za glačanja.** Ponašanje pri brušenju i sposobnost za glačanje zavise od velikog broja pojava koje su vezane za tvrdoću, cjepljivost, mogućnost kliznjenja pojedinih površina itd. Najbolje se glačaju minerali srednje tvrdoće i slabe cjepljivosti. Meki minerali se lako grebu, a tvrdi zadržavaju hrapavu površinu. Velika sposobnost translacije (kliznjenja), obično jako smanjuje sposobnost za glačanje. U slučaju obične izrade preparata, sposobnost za glačanje potpuno može poslužiti kao pomoćno sredstvo za dijagnozu. Opšta pravila za glačanje teško se mogu odrediti, pošto uglačanost u znatnoj mjeri zavisi od prethodne obrade preparata i razumljivo od znanja preparatora koji je izradio preparat.

#### 4.1.3. Izdvajanja

Jedna pojava, koja je kod minerala ruda prilično česta i koja ima naročiti značaj za proučavanje ležišta jeste izdvajanje. Izvjesni minerali sposobni su da pri povišenim temperaturama njihovog stvaranja, u izvjesnoj mjeri prime u sebe strane materije i privremeno ih vežu u svojoj kristalnoj rešetci. Pri opadanju temperature, rastvorljivost ovih stranih materija se smanjuje i one se izdvajaju u čvrstom stanju kao samostalni minerali. Oni se tada nalaze kao fine i sitne inkluzije u kristalu, koji ih je bio prihvatio. Izdvajanje se najčešće vrši na površinama najmanjeg otpora (najmanje atomske gustine), najviše duž cjepljivosti. Prema tome njihov raspored vrši se često u određenim kristalografskim pravcima kristala koji ih je prihvatio i leže "orijentisane" u njemu. Tako npr. mnogi svaleriti sadrže male orijentisane uklopke halkopirita. Pri vrlo velikom uvećanju pod rudnim mikroskopom kod titanomagnetita može se primjetiti da se preparat sastoji od osnovne mase magnetita, na kome se duž oktaedarskih pljosni izdvojio ilmenit, a na pljosnima heksaedra-spinel. Sadržaj nikla u niklonosnim pirhotinu počiva na izdvajanju minerala pentlandita u pirhotinu.

Ova izdvajanja su uglavnom vrlo sitna i fina i mogu se raspoznati samo pod najvećim uvećanje.

#### 4.1.4. Hemijske osobine (nagrivanje)

Slijedeća osobina za razlikovanje minerala ruda, je njihovo ponašanje prema hemijskim sredstvima za rastvaranje. Nagrivanjem preparata mogu se postići dva cilja; prvo nagrivanje može poslužiti kao pomoćno sredstvo za dijagnozu i drugo, ono se može primjeniti za raspoznavanje i otkrivanje sklopa, strukture i teksture rudnih masa.

**Dijagnoza pomoću nagrivanja.** Primjenjuje se često na uglačanim preparatima. Na ispitivani mineral stavlja se jedna kapljica specifičnog sredstva za nagrivanje pomoću kapilarne cjevčice, ili na neki drugi način. Nakon toga se pod mikroskopom posmatra hemijsko ponašanje; rastvaranje, razvijanje gasova, stvaranje taloga itd. Ovaj metod daje sumnjive rezultate, prvenstveno zbog toga što se kapljica razvija i na okolnu rudu (mineral). Ako su prisutni karbonati, sredstvo za nagrivanje brzo će izgubiti dejstvo ponašanje minerala biće drugačije nego što bi u slučaju da se mineral nalazi u nerastvornom kvarcu. Mnogo sumnjivije je rastvaranje pod uticajem okolnih minerala ili uklopaka, koje se zasniva na galvanskim potencijalnim silama. Uticaj može biti toliko jak da nagrivanje uzme potpuno obratan tok, tj. mineral koji je sam po sebi otporniji prema kiselinama, biva u izvjesnoj kombinaciji brže i jače nagriven nego mineral prema ovom sredstvu. Ovaj metod može dovesti do znatno pogrešnih zaključaka, naročito kod ruda složenog sastava. Osim toga iskustvo je pokazalo, da se jedna ista mineralna vrsta, iz različitih nalazišta, može različito ponašati prema istom sredstvu i načinu nagrivanja. Postoji i nezgoda još i u tome što se mikroskop kvari usljed isparavanja kiselina pri napadu na preparat, i što se preparat za daljna ispitivanja mora ponovo brusiti i polirati. Za iskusnog ispitivača u mikroskopiji nije potrebna dijagnoza pomoću nagrivanja, pošto su optičke osobine minerala ruda danas tako dobro poznate, da su skoro uvijek dovoljne za dijagnozu. Postoji vrlo mali broj slučajeva, kad se kod dijagnoza iz predostrožnosti ne može izbjeći postupak nagrivanja

**Otkrivanje strukture.** U raspoznavanju strukture i teksture izvjesne rudne skupine, raspoznavanju bližnjena i zonalne građe, nagrivanje preparata često se može izbjeći, a naročito onda kada se radi o optički izotropnim mineralima, ili mineralima koji slabo

dvojno prelamaju i kod kojih se struktura u polarisanoj svjetlosti ne može raspoznati. Proces nagrizanja zasniva se na činjenici da su kod kristala rast i rastvaranje vektorske osobine. Jedinke nekog minerala koji je presječen u različitim kristalografskim pravcima, kao i jedinke neke rudne skupine, rastvarat će se različitim brzinom, tako da će se na taj način moći otkriti njihova struktura. Zbog različite brzine rastvaranja pojedinih mineralnih zrna, na uglačanoj površini preparata stvorice se **reljef nagrizanja**. Prirodno je da elektrohemijsko dejstvo i ovdje igra ulogu kod pojedinih zrna različitog sastava. Proces nagrizanja je i ovdje složen i slika koja se stvara nagrizanjem nije uvijek jedinstvena. Stvaranje taloga može nekada stvoriti smetnje. Pri nagrizanju treba uvijek računati sa ovim činjenicama i uzeti ih u obzir, u slučaju da se nagrizanje ne bi razvijalo predviđenim tokom. Najbolja sredstva za nagrizanje su ona, koja imaju jako dejstvo kod kojih se proces rastvaranja razvija tako brzo i snažno, da se sporedna dejstva uglavnom potiru.

Kod zonarnih kristala različitog hemijskog sastava zonarnost se takođe u većini slučajeva može ustanoviti na osnovu različite brzine rastvaranja.

Sredstva za nagrizanje vrlo su različita i zavisna od vrste materijala na kojem želimo vršiti nagrizanje. To su u suštini kiseline, baze i oksidaciona sredstva. Najvažniji od njih su hlorovodonična kiselina, bromovodonična kiselina u kombinaciji sa sirćetnom kiselinom, jodovodonična kiselina, fluorovodonična kiselina, azotna kiselina u kombinaciji sa alkoholom, Carska voda djelimično u kombinaciji s alkoholom, kalijum hlorat u kombinaciji sa hlorovodoničnom kiselinom ili azotnom kiselinom, brom u kombinaciji sa hlorovodoničnom kiselinom hromna kiselina u kombinaciji sa hlorovodoničnom ili azotnom kiselinom, kalijum permanganat u kombinaciji sa sumpornom ili azotnom kiselinom ili kalijumhidroksidom, kalijumhidroksid, vodonik peroksid u kombinaciji sa kalijumhidroksidom, ili amonijakom, alkoholni rastvor joda, jod u kalijumjodidu, brom, natrijumhipohlorid, kalijumcijanid, kalijumferocijanid.

Nagrizanje se u praksi izvodi na taj način što se cijela uglačana površina preparata pomoću štupaljke potapa u posudu sa sredstvom za nagrizanje. Poslije nagrizanja, preparat se dobro ispere i osuši pomoću meke tkanine ili na struju toplog vazduha. Dužina tretiranja traje uglavnom od nekoliko sekundi do jednog minuta. Pri dužem nagrizanju obično se pojavljuju suviše razvijena sporedna djelovanja.

Preparat se podvrgava strukturnom nagrizanju tek po završetku svih optičkih ispitivanja. Pošto se uglačana površina kvari usljed nagrizanja, preparat se prije novih posmatranja mora ponovo brusiti i glačati.

**Nagrizanje pod uticajem svjetlosti.** Pojava o kojoj će ovdje biti riječi jeste nagrizanje pod uticajem svjetlosti. Pri upotrebi jake, nezaštićene svjetlosti iz svjetlosnog luka, pojedini minerali srebra pokazuju promjene na svojoj uglačanoj površini. Tom prilikom, površina ovih preparata postaje mutna i pocrni. Uzroci ovakve pojave još nisu u potpunosti razjašnjeni; oni se vjerovatno zasnivaju na naročitoj vrsti žarenja ovih minerala pod uticajem toplinskih zraka svjetlosti, pri čemu se izdvaja metalno srebro, a sumpor odlazi u obliku gasa  $SO_2$ . ova pojava karakteristična je za argentit i niz drugih minerala srebra, a nema nekog velikog značaja.

#### 4.2. Ispitivanje sa jednim Nikolom u linearno polarisanoj svjetlosti

Optička posmatranja, koja se redovno vrše u linearno polarisanoj svjetlosti, imaju poseban značaj za dijagnozu kod minerala ruda. Pri odbijanju svjetlosti sa uglačanih

površina kristala koji apsorbuju svjetlost, kao što je već bilo rečeno u uvodu, pojavljuju se srazmjerno zamršene optičke pojave. Do ovoga dolazi zbog polarizacionog stanja od odbijenih talasa. Obzirom da su ove karakteristike od presudnog značaja za tumačenje pojava u mikroskopu o njima će ovdje biti više objašnjene.

#### 4.2.1. Polarizaciono stanje odbijenih talasa

Radi lakšeg razumijevanja kod ovih razmatranja treba prvo razmotriti odnose providnih i neapsorbujućih kristala, pa tek onda izvršiti upoređenje sa odnosima kod kristala koji apsorbuju svjetlost. Da bi uprostiti razmatranje, treba krenuti od pretpostavke da svjetlost pada uvijek upravno na kristal.

**Izotropni providni kristali** prilikom odbijanja ne mijenja linearno polarisanu svjetlost ni zbog njenog polarizacionog stanja, niti zbog njene ravni polarizacije. Dakle boja svjetlosti i njena jasnoća pri okretanju radnog stočića za  $360^\circ$  ostaje nepromijenjena, a mineral ostaje podjednako pomračen sa ukrštenim Nikolima.

**Izotropni kristali koji apsorbuju svjetlost**, ponašaju se pri svjetlosti koja upravno pada isto kao i providni kristali. U slučaju da svjetlost pada i najmanje koso, što je kod opak iluminatora redovan slučaj-naročito pri upotrebi staklene prizme-pri odbijanju se pojavljuje eliptično polarisana svjetlost. Kao posljedica dolazi do toga da se sa ukrštenim Nikolima pojavljuje osvjetljenje, koje je jače ukoliko je indeks apsorpcije minerala veći. Međutim boja svjetlosti i njena jasnoća prilikom okretanja radnog stočića za  $360^\circ$ , ostaju nepromijenjene.

**Anizotropni providni kristali.** Prilikom prolaska svjetlosti kroz ove kristale poznato je da se svjetlost kroz ove kristale razlaže na dva talasa koji se razlikuju i po međusobno upravnim pravcima polarizacije. Zato se i svjetlost koja se odbija od uglačane površine takvih kristala, takođe sastoji od dva talasa, od kojih svaki ima određenu moć odbijanja, a čije visine zavise jedino od indeksa prelamanja. Ako za osvjetljenje upotrijebimo običnu nepolarisanu svjetlost, onda je odbijena svjetlost u najmanju ruku djelimično linearno polarisana. Upotrijebimo li od početka linearno polarisanu svjetlost, onda je odbijena svjetlost linearno polarisana, ali je ravan polarizacije ove odbijene svjetlosti skrenuta u odnosu na ravan svjetlosti koja pada. Veličina skretanja zavisi od položaja kristala u odnosu na svjetlost koja pada i dvojnog prelamanja i veličine prelamanja sredine u kojoj se posmatranje vrši. Na taj način, sa ukrštenim Nikolima jedan providan anizotropan kristal postaje u odbijenoj svjetlosti prilikom okretanja radnog stočića za  $360^\circ$ , naizmjenično svjetliji i tamniji. Ako polarizaciona ravan za različite boje ne leži u istom položaju, tj. ako postoji disperzija ravni polarizacije, pri upotrebi bijele svjetlosti pomračenje neće biti potpuno. Potpuno pomračenje može se u tom slučaju postići samo pri upotrebi monohromatske svjetlosti.

**Anizotropni kristali koji apsorbuju svjetlost**, ponašaju se slično providnim kristalima, naročito onda kad je indeks apsorpcije sasvim mali. Ovdje samo dolazi do pojačavanja pojava usljed rastuće disperzije u vezi sa indeksom apsorpcije. Svjetlost koja nastaje odbijanjem od sredine koja apsorbuje uglavno je eliptično polarisana, pri čemu je položaj osovina elipse skrenut u odnosu na ravan prvobitne linearno polarisane svjetlosti. Ova eliptična polarizacija može se otkloniti stavljanjem kompenzatora, ali ravan polarizacije ostaje i tada skrenuta. Ona se tada može odstraniti okretanjem analizatora u monohromatskoj svjetlosti. U bijeloj svjetlosti nemoguće je postići potpuno pomračenje.

#### 4.2.2. Moć odbijanja i utisak boje

**Moć odbijanja** je jedna od najvažnijih optičkih osobina minerala koji apsorbuju. Za dijagnozu, ona je skoro istog značaja kao indeks prelamanja kod providnih minerala. Njena apsolutna veličina zavisi od visine indeksa prelamanja i visine indeksa apsorpcije. Osim toga njena veličina je pod uticajem indeksa prelamanja sredine u kojoj se posmatranje vrši. Pri posmatranju u vazduhu moć odbijanja je stoga uvijek veća, nego pri posmatranju u imerzionom ulju. Kod providnih i slabo apsorbirajućih minerala, veličina moći odbijanja u suštini određuje razlika između indeksa prelamanja kristala i imerzione sredine. Kod kristala koji jako apsorbiraju svjetlost, moć odbijanja prvenstveno određuje indeks apsorpcije.

Iz ovih razloga providni minerali, prilikom ispitivanja ruda, imaju najmanju moć odbijanja. Tu spadaju na prvom mjestu minerali jalovine. Pri posmatranju u kedrovom ulju ( $n=1,516$ ), oni najčešće uopšte ne odbijaju svjetlost i prividno nestaju sa uglačane površine preparata. Minerali postaju providni u manjoj ili većoj mjeri i mogu se raspoznati jedino po unutrašnjim refleksima. Nešto svijetliji su većina karbonatnih i oksidnih ruda npr; malahit, azurit, limonit, ceruzit, hromit. Oni u odbijenoj svjetlosti izgledaju sivi. Minerali koji su u tankim presjecima providni i koji imaju visok indeks prelamanja u odbijenoj svjetlosti izgledaju svijetlo-bijele boje npr; hematit, prustit, pirargirit, svalerit, kuprit, cinabarit. Većina sulfida i sulfosoli imaju veliku moć odbijanja. Najsvjetlije odbijanje imaju samorodni metali i metalne legure.

U vezi sa izloženim potrebno je naglasiti da čovječije oko uglavnom nije u stanju da pri subjektivnom posmatranju na mikroskopu odredi apsolutni sjaj minerala; ono pokazuje samo relativne razlike u sjaju onih minerala koji se nalaze u preparatu. Prema tome, jačina sjaja pojedinih minerala pri subjektivnom posmatranju u praksi, određuje se u odnosu na najsvjetliji mineral. Jedan sulfid sa velikim indeksom apsorpcije, npr. halkopirit, kada se nalazi pored nekog samorodnog minerala, uzmimo zlata ili srebra, na izgled će slabo odbijati, dok će pored svalerita prividno pokazivati veliku moć odbijanja. Ova relativna osjetljivost oka na razlike u sjaju, stvarat će početniku u mikroskopiji ruda velike teškoće- jer oko nije fotometar i ne može da mjeri apsolutne vrijednosti. Za tačno raspoznavanje i odbacivanje ovih činjenica pri posmatranju potrebna je duga praksa i veliko iskustvo.

**Utisak boje** je druga dalja važna osobine odbijene svjetlosti u mikroskopiji ruda. Poznato je da indeks prelamanja jednog minerala nema uvijek iste vrijednosti za različite talasne dužine svjetlosti. Ovdje je riječ o disperziji indeksa prelamanja, koja je kod providnih minerala uglavnom slaba, tako da nema praktičnog značaja u mikroskopiji stijena, međutim ona je potrebna zato što se mora izvršiti tačno određivanje indeksa prelamanja u monohromatskoj svjetlosti. Kod minerala ruda disperzija je obično velika. Ona se ovdje javlja ne samo kod indeksa prelamanja, već i kod indeksa apsorpcije, tj. indeksi za različite boje imaju različite vrijednosti. Ove disperzije uslovljavaju utisak boje prilikom odbijanja svjetlosti sa uglačane površine minerala. Ako je disperzija sasvim mala, boja upotrijebljene bijele svjetlosti će se pri odbijanju malo izmijeniti tako da će mineral odbijati bijelu ili sivu svjetlost, što zavisi od veličine moći odbijanja. Ako je disperzija veća, svjetlost će se prilikom odbijanja izmijeniti i nastat će utisak boje. Pri normalnoj disperziji indeksi prelamanja i apsorpcije za plavu svjetlost su veći nego za crvenu. Nastali utisak boje odbijene svjetlosti je zato plavičasto-bijel.

U slučaju anormalne disperzije u odbijenoj svjetlosti, pojavljuju se druge boje, koje mogu biti žućkaste, crvenkaste, plavičaste ili zelenkaste. Ovdje su zasićene boje srazmjerno rijetke; one uglavnom postoje kod jake disperzije. U boji obično preovlađuju slabe primjese, koje se kod pojedinih minerala mahom mogu teško raspoznati i koje postaju jasnije tek u poređenju sa drugim mineralima.

Imerziona sredina u kojoj se vrši posmatranje takođe može uticati na utisak boje. Kao što je već ranije spomenuto, veličina moći odbijanja zavisi od indeksa prelamanja imerziona sredine. Pri jačoj disperziji i slaboj apsorpciji, neće se odbijati onaj svjetlosni talas, čiji indeks prelamanja upravo odgovara onom iz imerziona sredine. Radi toga providni minerali kao kvarc ( $n=1,54$ ) u kedrovom ulju ( $n=1,516$ ) u slučaju slabe disperzije, postaju providni i više ne odbijaju svjetlost. Kod kvarca se ne stvara čak ni boja, pošto je njegova disperzija-kao i kod svih silikata- vrlo slaba, zato što je njegov indeks prelamanja za sve talasne dužine skoro isti. Kod jake disperzije i velike moći odbijanja, upotrijebljena bijela svjetlost se mijenja, naročito prilikom odbijanja, kada su indeksi prelamanja, odnosno koeficijenti apsorpcije izvjesne boje po vrijednostima bliski indeksima prelamanja imerziona sredine. U tom slučaju kod bijele svjetlosti nastaje mješavina boja, u kojoj nedostaju one boje čiji je indeks prelamanja minerala istovjetan sa indeksom imerziona sredine. Ako se posmatranje vrši u vazduhu ( $n=1$ ) boja odbijene svjetlosti kod minerala sa jakom disperzijom bit će drugačija nego kod posmatranja u kedrovom ulju ( $n=1,516$ ). Ova razlika je važno pomoćno sredstvo za dijagnozu kod određivanja minerala u rudnom mikroskopu. Kao primjer uzet ćemo mineral kovelin sa do sada najvećom izmjerenom disperzijom. Njegov indeks prelamanja za vazduh penje se od  $n=1$  u narandžastom ( $\lambda=635 \text{ m}\mu$ ), do  $n=1,97$  u plavo-zelenom ( $\lambda=505 \text{ m}\mu$ ) dijelu spektra. Njegov indeks apsorpcije je mali. Usljed ove visoke disperzije, njegova odbijena boja u vazduhu ( $n=1$ ) je zagasito-plava, u vodi ( $n=1,33$ ) – ljubičasto-plava, u kedrovom ulju ( $n=1,516$ ) – crveno-ljubičasta, u mono-brom-naftalinu ( $n=1,66$ ) – crvena i u metilen-jodidu ( $n=1,74$ ) – narandžasto-crvena. Iz ovog reda može se jasno vidjeti kako sa rastućim indeksom prelamanja imerziona sredine, redovno nestaju druge grupe boja, a preostali ostaci boje određuju rezultantu i njenu primjesu u boji.

Kao pravilo boje pod rudnim mikroskopom, kod upotrebe imerzionog ulja postaju zasićenije i jasnije, nego kod posmatranja u vazduhu. Minerali koji odbijaju bijelu boju, ostaju bijeli ili dobivaju sivu primjesu. Obojeni minerali koji jako odbijaju i imaju veliki indeks apsorpcije, kod posmatranja u ulju nemaju znatnih promjena u boji, dok obojeni minerali koji slabo odbijaju, u tom slučaju mijenjaju sivu boju u većoj ili manjoj mjeri. U okviru najnezatnijih promjena pri upotrebi imerzionog ulja dolazi do toga da preovlađujuće primjese u boji postaju znatno jasnije i intenzivnije. Zbog ovih razloga, u mikroskopiji ruda je pored suhog načina, potrebna i upotreba imerzije.

Ono što je ranije rečeno o subjektivnom utisku kod odbijanja pri radu sa rudnim mikroskopom, u mnogo većoj mjeri se odnosi na utisak u boji. Intenzitet boje u odbijenoj svjetlosti uglavnom je mali i može se zapaziti samo izvježbano i na boju vrlo osjetljivo oko. U mikroskopiji ruda se o utisku boja često govori, da je ona bijela sa 'plavičastom, zelenom ili nekom drugom primjesom'. Raspoznavanje ovih slabih primjesa, predstavlja za svakog početnika velike teškoće. Ovdje još treba voditi računa i o relativnim utiscima boje koje u mnogome zavise od boje okolnih minerala. Tako npr. pirit pored galenita pokazuje u boji vrlo jasnu žutu primjesu, a ako se nalazi uklopljen u znatno žućem halkopiritu, izgleda na oko sivo-bijel. Galenit koji odbija čisto bijelu svjetlost, može u

kombinaciji sa mineralima koji bijelu boju još svjetlije odbijaju, dobiti crvenkastu primjesu. Takvi primjeri mogu biti mnogobrojni. Pravilno raspoznavanje boje i njene primjese zahtijeva veliku vježbu. Za početnika nije dovoljno da se vježba na jednom istom mineralu, posmatrajući ga u raznim kombinacijama sa drugim. Ljudi koji nemaju oko osjetljivo za boje, ili koji su čak potpuno slijepi za crveno-zalenu boju (oko 5 % muškaraca i oko 2 % svih žena ne mogu naći pogodno polje rada u mikroskopiji ruda). Njihov rad dovodiće do pogrešnih zaključaka. Za posmatranje utiska boja, upotrebljeni svjetlosni izvor ne smije biti isuviše blještav, pošto se pri jakom osvjetljenju fine primjese u boji ne mogu više raspoznavati. Radi toga se pri upotrebi jakih svjetlosnih izvora, svjetlosni put mora presjeći jednom pločicom mutnog stakla. Kod mikroskopskih posmatranja ruda načelno se redovno preporučuje rad sa jednim istim svjetlosnim izvorom, pošto je subjektivni utisak boje u zavisnosti i od vrste svjetlosnog izvora. Boje odbijene svjetlosti najvažnijih minerala date su na tabelama I do IV.

U vezi sa utiskom boje potrebno je ukazati na još jednu pojavu. Kod mnogih minerala se na uglačanoj površini poslije kraćeg ili dužeg vremena javlja jedna tanka skrama koja nekad može pokazivati i sopstvenu boju. Ova pojava se naziva **prevlaka**. Pojava je u bitnoj zavisnosti od hemijskih promjena koje nastaju na površinskom dijelu pod uticajem vazduha, pri čemu se stvara tanka skrama na površini preparata. Stvarna boja minerala može biti pod velikim uticajem ovih prevlaka. Izvjesni minerali, a naročito minerali srebra, mijenjaju se na svojoj površini već poslije nekoliko minuta, tako da se moraju pregledati odmah po završetku glačanja. Drugi dobiju prevlaku poslije nekoliko sati itd. A kod nekih se površina uopšte osjetno ne mijenja. U mikroskopiji ruda, kao pravilo posmatranje treba vršiti samo na svježe uglačanim preparatima.

**Tabela I. Minerali sa osnovnom bijelom bojom u odbijenoj svjetlosti**

Primjesa u boji	Mineral
	Platina, lelingit, saflorit-ramelsbergit, arsen, galenit, antimonit, nadjagit, molibdenit (o)
Žuta	Srebro, antimon, smaltin-hloantit (komp I i III), arsenopirit, bizmutinit, piroluzit-polijanit
Krem	Bizmut, lineit
Ružičasta	Smaltin-hloantit (komp. II)
Zelena	Džemsonit

**Tabela II: Minerali sa osnovnom sivom-bijelom bojom u odbijenoj svjetlosti.**

Primjesa u boji	Mineral
	Psilomelan, grafit, auripigment, molibdenit (e), rutil, rubinski liskun, igličasta gvozdена ruda, svalerit, vircit, anglezit, kasiterit, smitsonit, minerali jalovine
Žuta	Tenorit
Mrka (Braon)	Magnetit, uraninit, ilmenit, braunit, kolumbit-tantalit, kermežit, hausmanit, manganit, volfranit, hromit
Ružičasta	Ružičasto-sivi halkozin, stefanit, malahit, azurit
Maslinasta	Stanin, kermežit
Zelena	Bulanžerit, argentit, burnonit, polibazit-pearceit
Plava	Pirargirit-prustit, hematit, cinabarit, lorandit, svalerit, vircit
Ljubičasta	Realgar

**Tabela III: Minerali koji su slabo obojeni u odbijenoj svjetlosti**

Boja	Primjesa u boji	Mineral
'Krem'-bijela		Silvanit, tetraedrit (frajbergit)
'Krem'-bijela	Mrka	Pentlandit, tetraedrit (švacit)
Maslinasta	Mrka	Tetraedrit (u užem smislu), tetraedrit (tenantit)
Plavo-bijela		Lamelarni i rombični halkozin

**Tabela IV: Minerali koji su jasno obojeni u odbijenoj svjetlosti**

Boja	Primjesa u boji	Mineral
Žuto-bijela		Zlato (bogato srebrom), pirit
Žuta		Zlato (siromašno srebrom), milerit, halkopirit
Žuta-žuto-bijela	Zelena	Halkopirit, markasit
Žuta	Ružičasta	Nikelin, kubanit, pirhotin
Ružičasta		Bakar
Ružičasta	Mrka	Braithauptit, famantit
Plavo-bijela		Kuprit, plavi halkozin
Plava		Kovelin
Ljubičasta		Kovelin

#### 4.2.3. Unutrašnji refleksi

**Tabela V: Unutrašnji refleksi najvažnijih minerala ruda (po Schneiderhöhn-u i Ramdohr-u)**

Mineral	Unutrašnji refleksi
Albandin	<i>Zeleni</i> Tamno-zeleni
<i>Auripigment</i> <i>Svalerit</i> <i>Vircit</i> <i>Kasiterit</i> <i>Grinkoit</i> <i>Rutil</i> <i>Igličasta gvozdena ruda</i>	<i>Raznovrsno žuti</i> Bijeli do limun-žuti Bijeli do žuti do mrki Bijeli do žuti do mrki Bijeli do žuti do mrki Žuti Svijetlo-žuti do tamno-mrki Svijetlo-žuti do crveno-mrki
<i>Realgar</i> Rubinski liskun Hromit Volframit Ilmenit	<i>Raznovrsno žuto-crveni do mrko-crveni</i> Žuto-crveni Mrko-crveni Mrko-crveni Zagasiti mrko-crveni do crveno-mrki Vrlo tamno-mrki
<i>Cinabarit</i> <i>Pirargirit</i> <i>Prustit</i> Hematit <i>Kuprit</i> Manganit <i>Kermezit</i> <i>Lorandit</i> Hausmanit Tantalit	<i>Raznovrsno krv-crveni do karmin-crveni</i> Cinobar-crveni do svijetlokrv-crveni Tamno-karmin crveni Cigla-crveni do krv-crveni Krv-crveni Sjajno krv-crveni Krv-crveni Krv-crveni do ljubičasto crvenidcrveni Crveni Zagasito krv-crveni Zagasito krv-crveni

U vezi sa utiskom boje, treba ukazati još na jednu naročitu pojavu koja je važna za dijagnozu nekih minerala. To su takozvani *unutrašnji refleksi* (unutrašnje odbijanje). Kod nekih minerala ruda, koji imaju slabu moć apsorpcije, npr. hematit, prustit i drugi, uglačane površine ne odbijaju u potpunosti svu svjetlost koja je pala, već jedan dio ulazi



u mineral. Tom prilikom se javljaju odbijanja od pukotina duž cjepljivosti bliznih lamela i drugih nehomogenosti unutar samog minerala. Ova odbijanja su često u boji i nazivaju se unutrašnjim refleksima. Oni se mogu zapaziti u toliko bolje, u koliko je svjetlosni izvor jači i u koliko je veći indeks prelamanja imerzione sredine u kojoj se posmatranje vrši. Prema tome naročito jasno se mogu primjetiti kod posmatranja u ulju, a najjači su kod posmatranja u ukrštenim Nikolima, kojom prilikom kod nekih minerala postaju tako jaki, da svojim sjajem nadmašuju utiske anizotropije. Boje unutrašnjih refleksa najčešće je crvena u različitim nijansama: crvena kao krv, mrko-crvena, žuto-crvena itd. osim ovih pojavljuju se žuti i zeleni unutrašnji refleksi. Boje unutrašnjih refleksa najvažnijih minerala dati su u tabeli V.

#### 4.2.4. Mjerenje količine odbijene svjetlosti

Ispitivanja minerala ruda u odbijenoj svjetlosti pokazala su da je moć odbijanja jednog određenog minerala, za njega isto toliko karakteristična, kao i njegov indeks prelamanja. Zbog toga su se razvili metodi koji omogućavaju tačno mjerenje moći odbijanja. Ovim vrijednostima količine odbijene svjetlosti dobijamo sigurne podatke za dijagnozu minerala koji apsorbuju svjetlost.

Ovdje posebne teškoće čini neophodnost vršenja mjerenja pri strogo utvrđenom polarizacionom stanju. Do sada su se razvila dva načelno različita metoda za apsolutna mjerenja količine odbijanja svjetlosti, i to:

- Mjerenje poređenjem pomoću fotometra
- Mjerenje pomoću fotočelije.

**Mikrofotometar**, koji je konstruisao M. Berek, ugrađuje se na rudni mikroskop, a njegov princip rada je slijedeći:

Svjetlost se zbog tačnosti pada svjetla dovodi kroz 'blendu' koja je postavljena ispred rudnog mikroskopa i koja ima otvor u vidu razreza. U uređaju svjetlost prethodno prolazi kroz jednu koso presječenu staklenu kocku na čijoj se ravni nalazi tanak i providan sloj platine, usljed čega se svjetlost razlaže na dva dijela. Kao što je ranije spomenuto, pri opisu opak iluminatora, jedan dio svjetlosti kroz polarizator pada na prizmu, odbija se od nje na praparat, a od njega opet (gore) u mikroskop. Drugi dio svjetlosti, koji se u staklenoj kocki razlaže, odbija se od iste staklene kocke i ide opet gore. Svjetlost zatim prolazi kroz cijev, koja je postavljena paralelno sa mikroskopskim tubusom, na čijem se kraju nalazi jedna prizma za totalno odbijanje, od koje se svjetlost ponovo odbija u vodoravnom pravcu, pri čemu na svom putu prolazi kroz dvije polarizacione prizme, od kojih je jedna pokretna i ima krug sa podiocima i nonijusom za čitanje. Jačina ovog dijela svjetlosti može se mijenjati okretanjem polarizacione prizme. Koliko iznosi ovo skretanje čita se na podiocima; ono pokazuje odnos između izgubljenog i propuštenog dijela svjetlosti. Oba dijela svjetlosti, onaj koji se odbija od preparata i onaj koji prolazi kroz oba Nikola, mogu se subjektivnim posmatranjem međusobno upoređivati po svojoj jačini u fotometarskoj kocki, koja je smještena ispod okulara. Tom prilikom pokretnu polarizacionu prizmu-Nikola, treba okretati sve dok se ne postigne ista jačina kod oba svjetlosna dijela. Iznos okretanja Nikola se pročita, i traži se za odgovarajuću vrijednost apsolutne moći odbijanja mjesto na krivoj, koja služi kao osnova za provjeravanje dobijenih vrijednosti. Kao materijal za poređenje, podesan je žuti svalerit iz Santanderera ili uglačani preparat galenita. Na osnovu sopstvenih

ispitivanja Cisarz je utvrdio slijedeće osnovne vrijednosti za apsolutnu moć odbijanja ugljačanog preparata galenita (Tabela VI).

**Tabela VI: Apsolutna moć odbijanja ugljačanog preparata galenita**

Dio spektra	Zeleno	Narandžasto	Crveno
R <sub>vazduh</sub>	43,3±0,2%	41,6±0,2%	40,1±0,2%
R <sub>kedrovo ulje</sub>	28,8±0,2%	27,1±0,2%	25,9±0,2%

Ovdje se redovno radi u monohromatskoj svjetlosti, uglavnom u crvenoj, narandžastoj i zelenoj, tako da se količinski može obuhvatiti i disperzija i moć odbijanja za razne boje.

Iskustvo je potvrdilo opravdanost mjerena moći odbijanja, odnosno količine odbijene svjetlosti. Nedostatak ovog mjerenja je u tome što je za to potreban poseban uređaj koji se poslije svakog komada mora ponovo provjeravati, tako da se mjerenja uglavnom ne mogu vršiti neposredno u vezi sa svakidašnjim ispitivanjem preparata pod rudnim mikroskopom, već posebno.

Pomoću ove metode određene su skoro sve vrijednosti odbijanja za ugljačane preparate minerala ruda. Vrijednosti su izražene u procentima odbijene svjetlosti. Pokazalo se da, samородni metali uglavnom imaju moć odbijanja preko 60 %, a srebro čak 95 %. Sulfidi, arsenidi i antimonidi Fe, Cu i Ni, prostog sastava imaju moć odbijanja od 45-60 %. Grupa sulfosoli ima moć odbijanja od 30-40 %, a skoro svi oksidi – ispod 30 %. Količina odbijene svjetlosti, izražene u procentu, date su u tabelama VII do X.

Pri tome treba uzeti u obzir (ispitivanja su to pokazala) da sve vrijednosti odbijanja, mjerene na ugljačanim preparatima, u potpunosti ne odgovaraju apsolutnim vrijednostima, koje se mogu izračunati iz *'n'* i koje se mogu dobiti mjerenjem na svježem površinama cjepljivosti dobro cjepljivih minerala ruda. To se dešava zbog toga, što prilikom brušenja i glačanja, jedan tanak površinski sloj minerala trpi unutrašnje promjene, koje unekoliko smanjuju moć odbijanja. Pri dijagnostičkim određivanjima ove pojave ne igraju nikakvu ulogu, pošto se ovdje načelno radi samo o ugljačanim preparatima. Kod tačnih optičkih ispitivanja i proračuna, ova činjenica mora se uzeti u obzir.

**Tabela VII: Minerali vrlo velike moći odbijanja svjetlosti  
(sa preko 50 % u narandžastom dijelu spektra)**

100-90%	89-80%	79-70%	69-60%	59-50%
Srebro	Zlato Bakar	Platina	Bizmut	Antimon Smaltin Nikelin (o) Mauherit Pirit Lelingit Kobaltin Saflorit Pentlandit Arsen

**Fotoelektrične ćelije.** Određivanje moći odbijanja pomoću svjetlosti elektroćelija, vrši se upoređivanjem moći odbijanja jedne poznate supstance, sa onom koju želimo ispitati. Prvo se pomoću ćelije odredi efekat jednog minerala sa poznatom moći

odbijanja, a ovaj mineral kasnije služi kao osnova za dalja mjerenja. Poslije toga se istim uređajem i pod istim uslovima, mjeri foto-efekat nepoznatog minerala i dovodi u odnos sa rezultatima osnovnog mjerenja. Na osnovu toga, izračunava se apsolutna moć odbijanja.

**Tabela VIII: Minerali velike moći odbijanja svjetlosti**  
(sa 49 do 35 % u narandžastom dijelu spektra)

49-45%	44-40%	39-35 %
Arsenopirit Brauthauptit Silvanit Markasit	Lineit Bizmitinit Galenit Antimonit Halkopirit Kubanit	Antimonit (/b) Pirhotin Nadjagit Bulanžerit

**Tabela IX: Minerali srednje vrijednosti odbijanja svjetlosti**  
(sa 35 do 20 % u narandžastom spektru)

34-30 %	29-25 %	24-20 %
Argentit Piroluzit Molibdenit (o) Burnonit	Pirargilit Polibazit Realgar Hematit Cinabarit	Tetraedrit Grafit (o) Kovelin (e) Lamelarni halkozin Kuprit Lorandit Pirargirit (/b) Famantit Enargit Luzonit Magnetit Stanin Auripigment

**Tabela X: Minerali sa malom moći odbijanja svjetlosti**  
(ispod 20 % u narandžastom dijelu spektra)

19 – 15 %	14 – 10 %	9 – 5 %
Bornit Plavi halkozin Molibdenit (e) Rutil Ilmenit Braunit Kolumbit Rubinski liskun Hausmanit Svalerit Viricit Rombični halkozin Manganit //b Kovelin (o) Volframit	Igličasta gvozdna ruda Hromit Manganit //a Ceruzit Kasiterit	Siderit Smitsonit Grafit (e)

Orcel upotrebljava za ova mjerenja alkalne ćelije; Ramdhor i Ehrenberg – foto-ćelije sa nepropustljivim slojevima. Jedno mjerenje koje je po sebi toliko objektivno i slobodno od svih subjektivnih činilaca, bilo bi pozdravljeno kao mjerenje apsolutnih moći

odbijanja, ali takvo mjerenje još ne postoji. Za mjerenje pomoću metode foto-ćelija moramo reći da do sada još nisu bila zadovoljavajuća. Ona se djelimično uopšte ne podudaraju sa vrijednostima dobijenim fotometrijskim putem. Kod mjerenja jedne iste vrste minerala, ponekad se pokazuju čak i razlike, koje uveliko prelaze dopuštene granice grešaka. Uzrok ove pojave još nije objašnjen. Nekad preovlađuje uticaj različite spektralne osjetljivosti foto-ćelija, pojava njihovog starenja i drugi momenti inertnosti, a nekad se mora uzeti u obzir to, da foto-ćelija daje vrijednosti odbijanja sa čitave površine, tako da se sve ogrebotine koje su nastale pri brušenju i strani uklopici, utiču na ove vrijednosti. Pri subjektivnom upoređivanju sa foto-metrom, ovi posljednji činioci i njihov uticaj mogu se bez daljnjeg odstraniti.

Radi toga u praksi se do sada nije mogao uvesti metod foto-ćelija; potrebno je sačekati dalja ispitivanja na tome da on postane upotrebljiv i koristan kao pomoćno sredstvo za dijagnozu.

Teoretski zaključci Berek-a i savremana tehnologija, stvorili su osnovu koja omogućava mjerenje ne samo odbijanja, već i složenog indeksa prelamanja minerala koji apsorbuju.

#### 4.2.5. Birefleksija

U našim dosadašnjim razmatranjima, mi još nismo uzeli u obzir činjenicu, da se i moć odbijanja može mijenjati sa pravcem, kao i indeks prelamanja kod kristala. Kao što kod providnih optički izotropnih kristala teseralnog sistema, postoji samo jedan indeks prelamanja, a kod providnih optički jednoosnih kristala heksagonskog i tetragonskog sistema, dva glavna indeksa prelamanja, i najzad kod providnih optički dvoosnih kristala rompskog, monoklinskog i triklinskog sistema, tri indeksa prelamanja, tako isto ima i kod optički izotropnih minerala koji apsorbuju u teseralnom sistemu u svim pravcima samo jedna vrijednost za moć odbijanja; kod heksagonskih i tetragonskih optički jednoosnih dvije vrijednosti, a kod rompskih, monoklinskih i triklinskih kristala koji apsorbuju, tri glavne vrijednosti za moć odbijanja.

Prema tome, ako u linearno polarisanoj svjetlosti posmatramo pod rudnim mikroskopom uglačani preparat jednog teseralnog, optički izotropnog minerala, on pri okretanju stočića za  $360^{\circ}$  ni u jednom slučaju neće mijenjati ni boju ni veličinu moći odbijanja. Ako pak, posmatramo jedan anizotropni mineral koji apsorbuje pod istim uslovima, onda će se veličina moći odbijanja i utisak boje pri okretanju stočića u izvjesnim prilikama mijenjati. Ova promjena dostizat će uvijek svoje maksimalne, odnosno minimalne vrijednosti onda kada se pravci titranja svjetlosti koja pada na njih, odnosno kada se glavni pravci titranja budu podudarali sa pravcem titranja u polarizatoru. Pri okretanju stočića za  $360^{\circ}$  ovaj slučaj ponovit će se četiri puta, tako da se po dva puta mogu opaziti maksimalne i minimalne vrijednosti. Ove glavne vrijednosti nazivaju se **uniradijalna odbijanja**, a njihova razlika u odnosu na moć odbijanja i boju – **birefleksija**. Birefleksija ima izvjesne sličnosti sa pleohroizmom kod obojenih minerala u petrografskom mikroskopu, pa je zbog toga ranije nazivana '**refleksioni pleohroizam**'. Naziv 'birefleksija' je sa optičke tačke gledišta tačniji.

Svi anizotropni minerali koji apsorbuju, ne pokazuju ovu pojavu, ona se često javlja ispod granice mogućnosti zapažanja pod mikroskopom. Odsustvo ove pojave, dakle nije apsolutno siguran znak za izotropiju ispitivanog minerala, ali je njeno prisustvo

siguran znak za anizotropiju. Kod mnogih ruda ova pojava je jasna, a samim tim i važna osobina za dijagnozu.

**Tabela XI: Minerali sa jakom birefleksijom (po Schneiderhöhn-u i Ramdor-u)**

Mineral	Birefleksija			
	u vazduhu		u ulju	
	"o"	"e"	"o"	"e"
Grafit	Bijelo sivo-narandžasta	Tamno-plavo-siva	Bijelo sivo-mrka	Somot-crna
Molibdenit	Čisto bijela	Sivo-bijela	Bijela	Siva kao škriļsc
Kovelin	Zagasito-plava	Plavo-bijela	Purpurno-crvena	Zeleno-bijela
Nikelin	Bijelo žuto-ružičasta	Svijetlo mrko-ružičasta	Bijelo-ružičasta	Mrko-ružičasta
Braithuptit	Otvoreno žuto-crvena	Crveno-ljubičasta	Nježno-ružičasta	Ružičasto-ljubičasta
Psilomelan (komp III)	Sivo-bijela	Mutno-siva	Bijelo-siva	Tamno-siva
Auripigment	//a otvoreno-bijela //b mutno-siva //c mutno sivo-bijela		//a svijetlo sivo-bijela //b tamno somot-siva //c mutno zeleno-siva	
Antimonit	//a mutno-siva //b tamno-siva //c čisto-bijela		//a isto samo tamnija //b isto samo tamnija //c isto samo tamnija	
Silvanit	Svijetlo 'krem'-bijela, bijelo-mrka		Ista	
Kermezit	Svijetlo-siva, sivo-mrka		Ista	
Psilomelan (komp. II)	//c bijela ⊥c siva		Isto samo pojačana	
Rubinski liskun	Bijela, mutno-siva		Plavičasto-bijela, mutno-crna	

Birefleksija se uglavnom može najbolje posmatrati na ivicama zrna, tamo gdje se sastaju više različito orijentisanih jedinki jednog istog minerala. Utisci su obično znatno jasniji u ulju nego u vazduhu. U odnosu na visinu birefleksije, subjektivno se mogu odrediti sljedeći stupnjevi:

1. vrlo visoka – jake razlike u jačini povezane sa jasnom promjenom u boji.
2. visoka – birefleksija u određenim zrnima jasno primjetna.
3. jasna – u pojedinim zrnima još vidljiva, jasna na ivicama zrna.
4. slaba – na ivicama zrna još vidljiva za izvježbano oko.

Apsolutna visina birefleksije može se takođe kvantitativno mjeriti pomoću mikrofotometra. Najvažniji minerali sa visokom i vrlo visokom birefleksijom dati su u tabeli XI.

#### 4.3. Ispitivanja sa ukrštenim Nikolima u linearno polarisanoj svjetlosti

##### 4.3.1. Utisci anizotropije

Ispitivanja u linearno polarisanoj svjetlosti sa ukrštenim Nikolima, služi za utvrđivanje anizotropije. Ovdje se kao i u petrografskom mikroskopu upotrebljava polarizator i analizator, čiji su pravci titranja međusobno upravni, tako da bez preparata u vidnom polju vlada mrak.

Kao što je poznato ovdje se određuje razlika u brzini prostiranja dva linearno polarisana talasa, nastala pri prolazu svjetlosti kroz kristalnu pločicu, koji se pomoću

analizatora dovode do interferencije, prave interferentne boje, čija visina zavisi od razlike u brzini prostiranja oba talasa.

Kod kristala koji apsorbuju, odnosi u odbijenoj svjetlosti znatno su složeniji i pojave koje se posmatraju ne mogu se svesti na jedno grubo pravilo. Već i sama moć odbijanja je jedna kompleksna veličina koja zavisi od indeksa prelamanja i indeksa apsorpcije. Uz to kod kristala koji apsorbuju, često dolazi do jake disperzije, kako kod dvojnog prelamanja, tako i kod indeksa apsorpcije. Osim toga mora se uzeti u obzir, da u mnogim slučajevima prilikom odbijanja ne nastaje linearno polarisana već eliptično polarisana svjetlost, kao i da su te polarizacije elipse takođe disperzne. Najzad na pojave utiču i greške, koje uslovljavaju uređaji za polarizaciju svjetlosti.

Prema tome utisak koji se posmatra u stvari je utisak složen od svih ovih činilaca, on se može jasno raspoznati i od najvećeg je značaja za dijagnozu, ali njega je teško optički tačno definisati. U ovom slučaju čiste interferentne boje ne nastaju u svakom slučaju, kao u propuštenoj svjetlosti i ne mogu se odrediti razlike u brzini prostiranja na osnovu posmatrane boje. Na taj način su utisci, uslovljeni ovim činjenicama drugačiji od onih na koje smo navikli na petrografskom mikroskopu. Primljeni utisak boje u rudnom mikroskopu ima samo subjektivan značaj.

Pri upotrebi bijele svjetlosti kod ispitivanja jednog minerala u rudnom mikroskopu često dolazi do toga da se na ukrštenim Nikolima ne može nikako postići zamračenje. Ovu pojavu nekad uslovljava eliptična polarizacija odbijene svjetlosti od disperzije pravca gašenja svjetlosti, čiji se položaj u izvjesnim slučajevima mijenja sa bojom. Pri upotrebi monohromatske svjetlosti potpuno pomračenje se ne postiže u prvom slučaju, a u drugom postiže.

Slično naravno važi i za dijagonalne položaje. I ovdje se u opštem slučaju može položaj maksimalnog sjaja tačno utvrditi samo upotrebom monohromatske svjetlosti. Ovom prilikom često se opaža, da se položaj maksimalnog sjaja prividno ne poklapa sa dijagonalnim položajem. I boje kod oba dijagonalna položaja takođe nisu iste kao što bi trebalo da bude i razlikuju se za  $90^{\circ}$ . Ovdje se pojavljuju greške u orijentaciji Nikolove prizme, koje treba ispraviti njihovim okretanjem. Svi efekti u odnosu na i najmanje promjene u orijentaciji Nikolove prizme izvanredno su osjetljivi. Čak i malo okretanje jedne Nikolove prizme, samo za  $0,5$  do  $1^{\circ}$ , često stvara jasnu promjenu boja, koja može znatno olakšati opažanje vrlo slabe anizotropije.

Zbog kompleksnog karaktera pojava, još se ne mogu dati tačni podaci za jačinu dvojnog prelamanja u rudnom mikroskopu, pošto utisak boje ne zavisi samo od jačine dvojnog prelamanja, već i od mnogobrojnih drugih činilaca. Može se dati samo relativni stupanj o visini utiska anizotropije i to otprilike po ovom redu:

- vrlo jaka anizotropija
- jaka anizotropija
- jasna anizotropija
- slaba anizotropija
- vrlo slaba anizotropija.

Prve dvije grupe najčešće pokazuju utiske boja, dok posljednje dvije samo promjenu od svijetlo-sivog do tamno-sivog. Pojave su i ovdje naročito jasno mogu posmatrati na granicama zrna.

Uzimajući u obzir sve ove činjenice, za određivanje anizotropije i optičkih klasa minerala, pomoću ukrštenih Nikola i okretanja stočića za  $360^{\circ}$ , možemo dati sljedeće specifičnosti za raspoznavanje.

a) *Mineral ne mijenja svoju boju i svoj sjaj*

1. Mineral ostaje ravnomjerno pomračen; tada imamo:

-optički izotropan kristal, sa malim koeficijentom apsorpcije i malom moći odbijanja, ili

-presjek leži upravno na optičku os jednoosnog kristala, sa malim koeficijentom apsorpcije.

2. Mineral ostaje ravnomjerno osvijetljen ne mijenjajući boju i sjaj; tada imamo:

-optički izotropan kristal, sa velikim koeficijentom apsorpcije i velikom moći odbijanja, ili

-presjek leži upravno na optičku os jednoosnog kristala, sa velikim koeficijentom apsorpcije, ili

-presjek leži otprilike na jednoj singularnoj osi kod rompskog, monoklinskog ili triklinskog kristala.

b) *Mineral mijenja svoju boju i svoj sjaj, ili i jedno i drugo četiri puta naizmjenično*

3. U položajima pomračenja nastupa potpuni mrak; tada imamo:

-optički jednoosni kristal sa malim koeficijentom apsorpcije, ili

-presjek koji leži upravno na jednoj od glavnih optičkih ravni u rompskom ili monoklinskom sisemu.

4. U položajima pomračenja ne nastupa potpun mrak; tada imamo:

-presjek leži proizvoljno i rompskom, monoklinskom ili triklinskom sistemu, ili

-presjek leži upravno na jednoj od glavnih optičkih ravni u rompskom ili monoklinskom kristalu sa vrlo velikim koeficijentom apsorpcije.

Utisci anizotropije kod kristala koji apsorbuju uglavnom su izvanredno složeni i posmatranja se moraju vršiti sa vrlo velikom pažnjom. Ona takođe zahtijevaju i niz pretpostavki u vezi sa uređajem.

Pri stvaranju polarisane svjetlosti u polarizatoru, a prvenstveno pri povratku odbijene svjetlosti u ravan titranja u analizatoru gubi se najveći dio upotrebijene svjetlosne jačine, zbog čega su utisci anizotropije u pogledu svjetlosne jačine vrlo slabi. Ovdje se dakle moraju uzimati najjači izvori svjetlosti. Najbolje se radi sa nezaštićenom svjetlošću malog svjetlosnog luka. Tako se jedino mogu raspoznati slabi utisci anizotropije. Pri upotrebi nezaštićene svjetlosti i svjetlosnog luka, mora se obratiti pažnja na to, da žiža zraka ne leži u polarizatoru, jer se usljed toga topi sloj kanada balzama i upropašćuje nikolova prizma.

Preparat koji se upotrebljava za posmatranje utiska anizotropije, mora biti dobro i pažljivo uglačan. Glačanje u jednom pravcu i male ogrebotine mogu bitno uticati na utiske i dovesti do pogrešnih zaključaka. Boje prevlaka takođe mnogo utiču na utiske anizotropije. Radi toga se prije posmatranja mora redovno izvršiti ponovno glačanje preparata.

Dalji izvor grešaka leži u postojanju i najmanjih napona u optičkim sočivima. Za posmatranje dolaze u obzir samo sočiva koja su potpuno slobodna od svakog napona, i koja su naročito obrađena za mikroskopiju ruda. Prilikom ispitivanja u polarisanoj svjetlosti kod mikroskopije ruda, naponi ove vrste imaju daleko veći uticaj, nego pri

posmatranju u propuštenoj svjetlosti. Pokazalo da sočiva koja su upotrijebljavana za posmatranje u propuštenoj svjetlosti i koja su smatrana potpuno slobodnim od napona, zadovoljavajući ovdje sve zahtjeve, nisu upotrebljiva za mikroskopiju ruda.

#### 4.3.2. Unutrašnja građa

Pomoću pojave anizotropije, sa ukrštenim Nikolima, može se izvršiti čitav niz posmatranja unutrašnje građe minerala i njegovog sklopa.

Kod anizotropnih kristala se prije svega vrlo jasno pokazuju tvorevine bližnjenja. Njihovo prisustvo je karakteristično za veliki broj minerala. U mnogo slučajeva mikroskopskim ispitivanjem ruda u polarisanoj svjetlosti utvrđeno je da neki minerali koji teseralno kristališu, pokazuju građu bližnjenja i slabo su anizotropni. Oni zbog toga u sadašnjem stanju nisu više teseralni, već predstavljaju paramorfozu po teseralnom kristalu. Takve paramorfoze mogu poslužiti kao važni geološki termometri, ako se temperatura preobražaja utvrdi eksperimentalnim ispitivanjima. Tako npr. halkozin na temperaturi preko 91°C kristališe teseralno, a ispod 91°C raspada se u rombične lamele, dok primarno stvoreni halkozin na temperaturi ispod 91°C odmah rompski kristališe i zato ne pokazuje lamelarnu građu. Na osnovu posmatranja, mogu se izvesti zaključci o temperaturi postanka nekih minerala.

Osim toga u polarisanoj svjetlosti kod anizotropnih kristala mogu se raspoznati i pojave koje nastaju usljed pritiska, kao lamelarno bližnjenje, translacija i deformacije; one su nekad vrlo lijepe i jasne. U ovim slučajevima često se pojavljuje '*undulatorno pomračenje*' (talasasto pomračenje). Ovo pomračenje nije oštro, već se kreće preko presjeka kristala.

Vrlo dobro možemo raspoznati i sklop zrna, dakle veličinu pojedinih jedinki i stepen njihovog srastanja, pošto različite jedinke jedne skupine leže različito orijentisane i svaka od njih se drugačije ponaša prema polarisanoj svjetlosti.

Opisivanjem minerala u okviru ovog udžbenika date su njihove najvažnije karakteristike, sa osobenostima i odstupanjima od normalnih pojava. Prilikom opisivanja pojedinih minerala uzete su njihove glavne karakteristike. Za svaki mineral posebno je opisano njegovo ponašanje prilikom brušenja i glačanja (poliranja), njegova optička svojstva; količina odbijene svjetlosti, utisci anizotropije i boja, najpogodnije hemikalije za otkrivanje strukture, njihova unutrašnja građa i sklop jedinki, posebna karakteristična obilježja i mogućnost razlikovanja od sličnih minerala i napokon genetske i paragenetske karakteristike.

Kod opisivanja optičkih karakteristika, navedene su vrijednosti za količinu odbijene svjetlosti u narandžastom dijelu spektra, talasne dužine  $\lambda=550-600$  m $\mu$ . Samo u onim slučajevima kada se vrijednosti u crvenom i zelenom dijelu spektra bitno razlikuju od vrijednosti u narandžastom, date su i ove vrijednosti. Količina odbijene svjetlosti u zelenom dijelu spektra obično je veća, a u crvenom manja od one u narandžastom.

U pogledu otpornosti prema nagrizanju od različitih hemikalija data su samo ona sredstva pomoću kojih, poslije napada na uglačanu površinu dobijamo dobro izraženu i otkrivenu strukturu.

O unutrašnjoj građi i sklopu zrna date su samo najvažnije i najkarakterističnije pojave, pošto su ovdje osobenosti i odstupanja vrlo česta.



Minerali opisani u ovom udžbeniku svrstani su prema svojim optičkim karakteristikama i osobinama, zato što se one mogu najlakše uočiti, a istovremeno predstavljaju najvažniji podatak za određivanje. Ovdje je još jednom potrebno naglasiti na važnost pravilnog osvjetljavanja uglačane površine minerala i njen značaj za tačna optička posmatranja i određivanja.

Osnovna podjela minerala izvršena je na:

- optički izotropne
- optički anizotropne.

Pri ovome je jedino mjerodavan utisak boje koja se dobija, a ne kristalni sistem kojem mineral pripada po svom spoljnjem izgledu. Minerali koji se mogu javiti u više optičkih grupa, pominju se na više mjesta.

Dalja podjela anizotropnih minerala izvršena je prema jačini njihove anizotropije. Tako imamo dvije podgrupe: slabo anizotropne i jako anizotropne minerale.

Prema utisku o boji minerala, kod svih grupa i podgrupa možemo razlikovati tri slučaja:

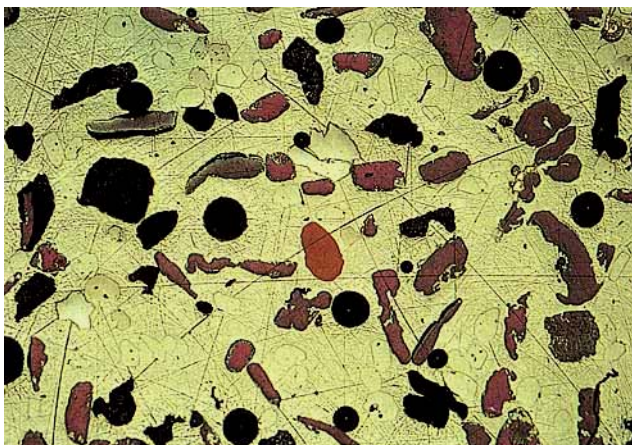
- minerali sa čisto bijelom bojom u odbijenoj svjetlosti
- minerali slabo obojeni u odbijenoj svjetlosti
- minerali jasno obojeni u odbijenoj svjetlosti.

Minerali sa čisto bijelom bojom srazmjerno odbijaju najveću količinu svjetlosti koja na njih pada. Minerali ruda sivih boja karakteristični su po malim količinama odbijene svjetlosti, koje izazivaju utisak ovih boja. Oni spadaju u slabo obojene minerale i čine srazmjerno veliku grupu. U svakoj od ovih grupa podijeljenih po boji pojedinih minerala, minerali su tako podijeljeni da im količina odbijene svjetlosti opada.

## 5. PODJELA MINERALA RUDA

### 5.1.OPTIČKI IZOTROPNI MINERALI

#### 5.1.1. PLATINA Pt



SI.5. Samorodno zlato i platina-gvožđe legura. Kalimantan, Indonezija.

**Simetrija:** Teseralna, holoedrija.

**Hemizam:** Platina se nikad ne javlja hemijski čista, već redovno sadrži primjese gvožđa i drugih metala (Tabela XII)

**Tabela XII:** Hemijski sastav pojedinih članova platinske grupe minerala.

Naziv	Hemijski sastav
Platina	100 % Pt
Feroplantina	71-79% Pt; 15-20% Fe; do 4,7% Ir; do 33% Rh; do 1,0% Ni; i do 5% Cu.
Poliksen	80-88% Pt; 9-11% Fe; 0,7% Ir; do 0,5% Rh; do 1,0% Pd; do 0,8% Cu i tragovi Ni.
Iridijska platina	19,6% Pt; 78,8% Ir; 0,89% Pd; 1,78% Cu;
Kuproplatina	65-75% Pt; 12-17% Fe; do 14,0% Cu;
Niklena platina	do 3,8% Ni
Paladijska platina	7-40% Pd
Osmijski iridijum	65% Ir; 31,2% Os i 1,8% Rh
Paladijum	100% Pd

**Ponašanje pri glačanju:** Poslije dobrog prethodnog brušenja platina se može lijepo uglačati. Srednje je tvrdine pri brušenju.

**Optičke karakteristike:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo velika i iznosi 73 % u vazduhu i 62 % u ulju. Odbijena svjetlost daje utisak čisto bijele boje, često sa svijetloplavičastom primjesom. Sa ukrštenim Nikolima platina je izotropna, mada se pri okretanju stocića nikada ne postiže potpuno pomračenje.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Tamo gdje se pojavljuju mase su zrnaste, ali postoje i pojedinačni kristali. Lamelarno bližnjenje po (111) često je vidljivo poslije nagrivanja. U platini se ponekad primjećuju izdvajanja iridijuma.

**Identifikacija:** Ferit, paladijum, iridijum i osmijum su slični pod mikroskopom. Ferit se jače napada kiselinama. Paladijum je nešto više žut. Na itrijum djeluje "carska voda" teže, dok osmijum uopšte ne napada. Itrijum i osmijum su tvrdi od platine.

**Strukturno nagrivanje:** Platina se može nagrivati jedino "carskom vodom" i  $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$ .

**Način pojavljivanja:** Primarna platina nalazi se uglavnom kao rano izdvajanje u jako bazičnim dubinskim stijenama. Ona se vrlo rijetko sreće u hidrotermalnim kvarcnim žicama. Platina je vrlo otporna i ne podliježe raspadanju; zbog toga se nalazi u rudonosnim nanosima u obliku "nuggets"-a.

### 5.1.2. SREBRO Ag



Sl.6. Samородno srebro, nikolit i mauherit

**Simetrija:** Teseralna, holodrija.

**Hemizam:** Može biti hemijski čisto, a može sadržavati Au, Hg, As i Sb. Otuda se javljaju brojni varijeteti, kao što su:

- Ključsteli, Ag sa 10 % Au,
- Bakarno srebro, Ag sa 10 % Cu,
- Bismutsko srebro, Ag sa 5 % Bi,
- Antimonsko srebro, Ag sa 11 % Sb,
- Kongbergit, Ag sa 5 % Hg,
- Arkverit, Ag sa 13 % Hg,
- Bordozit, Ag sa 30,7 % Hg.

**Ponašanje pri glačanju:** Srebro se glača vrlo lako, ali na površini uvijek ostaju mnogobrojne ogrebotine. Tvrdina pri brušenju je veća nego kod galenita, a skoro kao u halkopirita.

**Optičke ponašanje:** Srebro ima najveću poznatu vrijednost količine odbijene svjetlosti, koja iznosi 94 % u vazduhu i u ulju. Boja kod svježih preparata je svijetlobijela, sa slabom žutom primjesom, ali na vazduhu ona brzo postaje tamnija i najzad se presvlači

raznobojnim prevlakama. Srebro je izotropno, ali sa ukrštenim Nikolima nije potpuno pomračeno.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje vrlo često. Oblik zrna je različit. Često se nalaze dendritični oblici.

**Identifikacija:** Kod tek uglučanih preparata mogućnost zamjene srebra sa drugim mineralima otpada, usljed njegove izvanredno velike količine odbijene svjetlosti. Treba paziti da se izbjegava upotreba i ispitivanje starih preparata, koji su na površini izmijenjeni. Srebro je slično platini, od koga se razlikuje po manjoj specifičnoj masi, manjoj tvrdoći i načinu pojavljivanja.

**Način pojavljivanja:** Metalno srebro nalazi se u podređenim količinama kao ascedentna tvorevina u hidrotermalnim žicama, obično ima niske temperature postanka. Izdvojena su tri hidrotermalna tipa nalazišta: u asocijaciji sa argentitom i kalcitom (Konsberg), sa sulfidima, arsenidima i antimonidima različitih metala (Kanada), i zajedno sa uraninitom i mineralima nikla i kobalta (Češka i Kanada). U području sedimentnih tvorevina, pojavljuje se u cementacionoj zoni (zoni obogaćivanja) sulfidnih rudnih ležišta, zatim u marinsko-sedimentnim ležištima, koji se stvaraju u sumpornom ciklusu i najzad u koncentracionim ležištima isušanih pustinjskih basena.

**Strukturno nagrizanje:** Nagrizanje se vrši u  $\text{HNO}_3$  i vrućoj  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ali vrlo rijetko, obzirom da postoji mala mogućnost zamjene. Takođe strukturno nagrizanje se vrši sa  $\text{CrO}_3$  i  $\text{HNO}_3$  u trajanju od 1-5 sekundi, sa HJ. U metalografiji se vrlo često vrši strukturno nagrizanje sa  $\text{H}_2\text{O}_2$  i  $\text{NH}_4\text{OH}$ , sa dosta lošim rezultatima.

### 5.1.3. ŽELJEZO Fe

**Simetrija:** Teseralna. Ako se radi o  $\alpha$ -gvožđu (ono sa otoka Disko kod Grenlanda), njegova struktura ima oblik zapreminski centrirane kocke. Ono sadrži neznatno nikla. Postoji i legura sa 75 % Ni, sa strukturom pljosnocentrirane kocke. U prirodi je mnogo češće meteorsko željezo nego telursko. Sastoji se od dvije komponente; kasamita (93,1 % Fe i 6,7 % Ni) i tenita (75 % Fe i 25 % Ni). Obje komponente sadrže do 0,3 % Co. Njihov odnos u meteorskom željezu je 83 : 13. pored Ni i Co, sadrži i C, Cu, S i P. Na osnovu sintetičkog željeza i Windmannstättenovih figura dobivenih na poliranim površinama prirodnih meteorita, zaključeno je da kristališe teseralno.

**Hemizam:** Hemijski je skoro čisto, a u neznatnim količinama može sadržavati Ni do 0,6 %, Co do 0,3 %, Cu do 0,4 %, Pt do 0,1 %.

**Ponašanje pri glačanju:** Polira se uglavnom dobro. U metalografiji se obično vrši brušenje i poliranje 'suhom' metodom, što zahtijeva više vremena za pripremu uzoraka, a preparati su trajniji

**Optičko ponašanje:** U odbijenoj svjetlosti karakteriše se čisto bijelom bojom. Nakon poliranja brzo se prevlači skramom koja se može izbjeći premazivanjem površine preparata tankim slojem laka. Količina odbijene svjetlosti je velika i ona kod meteorskog željeza iz Atakama iznosi u vazduhu u zelenom dijelu spektra iznosi 64 %, a u ulju se smanjuje na 50 %. Pri ukrštenim Nikolima u svim položajima se postiže potpuno pomračenje i ponaša se izotropno.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Fizičko-hemijske karakteristike željeza i njegovih legura su vrlo složene i nisu u potpunosti razjašnjene. Kod prirodnih pojavljivanja važan je odnos željezo-ugljenik i željezo-nikal. Ugljenik dovodi do pojave kogenita  $\text{Fe}_3\text{C}$ , koji svojom pojavom snižava temperaturu pojavljivanja željeza s 5,5 % C do  $1140^\circ\text{C}$ .

Značajnije pojavljivanje  $\text{Fe}_3\text{C}$  može smanjiti temperaturu pojave željeza niže od  $900^\circ\text{C}$ . Telursko željezo ne obrazuje složene pojave pri raspadu kao kod meteorskog željeza.

**Identifikacija:** Količina odbijene svjetlosti, boja, izotropija i drugi optički efekti ne pružaju mogućnost zamjene sa drugim mineralima. Bliženje nastaje kao rezultat djelovanja pritiska po pljosni (211)

**Način pojavljivanja:** Samorodno telursko željezo nalazi se vrlo rijetko u prirodi, a ako se javlja, onda je to u bazičnim stijenama i u jako bituminoznim sedimentima i ugljevima. Najveća nagomilanja nađena su u Ovijsku (Grenland) i u blizini Kesela (Njemačka). U oba slučaja je u asocijaciji sa pirhotinom i koenitom.

Meteorsko željezo je mnogo češće i predstavlja ostatke znatno većih meteorita koji nisu 'izgorjeli' prilikom ulaska u atmosferu.

**Strukturno nagrizanje:** Pozitivni efekti se postižu pomoću  $\text{HCl}$  koja je razblažena sa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , a i pomoću razblaženog rastvora  $\text{Cu}_2\text{SO}_4$ . Sa koncentrovanom  $\text{HNO}_3$  dobijaju se negativni efekti

#### 5.1.4. OLOVO Pb

**Simetrija:** Teseralna, holoedrija.

**Hemizam:** Olovo se može naći kao samorodno, redovno sadrži primjese Ag, Sb i Cu. Količinski je vrlo podređeno.

**Ponašanje pri glačanju:** Mala tvrdina i kovnost daju mogućnost dobrog glačanja, osim toga na vazduhu se brzo prevlači skramom.

**Optičko ponašanje:** Olovo se ponaša izotropno. Količina odbijene svjetlosti je promjenljiva, na svježim preparatima iznosi 62,1%

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Javljaju se agregati okruglih zrna, koji su ponekad spojeni, radi čega se pojavljuje u vidu odvojenih kristala

**Identifikacija:** Mala tvrdina i dobra mogućnost za glačanje isključuju mogućnost zamjene.

**Način pojavljivanja:** Samorodno olovo se rijetko javlja u prirodi

**Strukturno nagrizanje:** Dobri efekti se postižu sa koncentrovanom  $\text{HNO}_3$ . HJ kiselina daje žutu skramu.

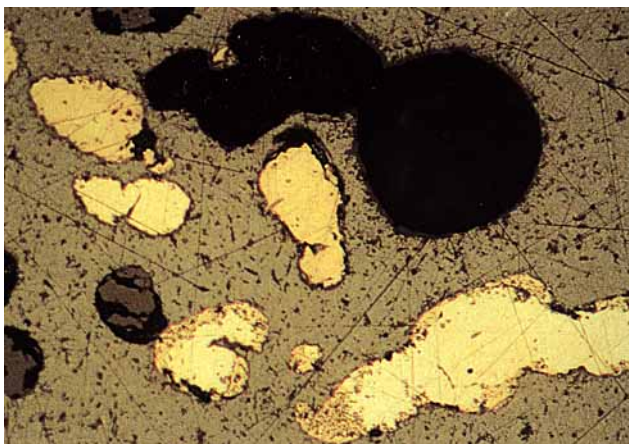
#### 5.1.5. ZLATO Au

**Simetrija:** Teseralno, holoedrija.

**Hemizam:** Zlato se u prirodi ne pojavljuje nikada čisto, već je uvijek u većoj ili manjoj mjeri sjedinjeno sa srebrom. Najčišće je nađeno u Australiji sa 99,7 % Au. Poznato je nekoliko varijeteta zlata. Zlato bogato sa srebrom naziva se elektrum, bakarno zlato sa 20 % Cu (Ural), porpecit zlato sa Pd (Brazil), maldonit, zlato sa 35 % Bi (Australija), rodit, zlato sa Rh (Meksiko).

**Ponašanje pri glačanju:** Vrlo je pogodno za glačanje, ali je teško dobiti uglačane površine bez ogrebotine. Tvrdina pri brušenju je slična halkopiritu.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti čistog zlata je 82,5 % u vazduhu i 80 % u ulju u narandžastom dijelu spektra. U zelenom dijelu spektra one iznose 47 % u vazduhu i 45,5 % u ulju. Količina odbijene svjetlosti raste sa rastom sadržaja srebra, naročito u zelenoj svjetlosti. Čisto zlato bez primjesa ima zlatnožutu boju. Pri povećanju sadržaja srebra ona postaje svijetlije blijedo-žuta. Zlato je izotropno, ali sa ukrštenim Nikolima nikada ne pokazuje potpuno pomračenje, nego zelenu boju.



*Sl.7. Samorodno zlato*

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje kod zlata je vrlo rasprostranjeno. Zrna su ujednačena i jako nazubljena.

**Identifikacija:** Velika količina odbijene svjetlosti, boja i mala tvrdoća obično isključuje mogućnost zamjene, kada nema mogućnosti upoređivanja. Zlato se u vidu sitnih zrna može zamijeniti sa halkopiritom ili piritom.

**Način pojavljivanja:** Zlato se kao primarno nalazi u području intruzivno-hidrotermalnih i subvulkanskih žica. Zlato iz subvulkanskih žica bogatije je sa srebrom, od onoga iz intruzivno-hidrotermalnih. Njegovo izdvajanje počinje već u pegmatitskom području. Najvjerovatnije je da je najveći dio zlata iz svih ležišta sekundaran i da je nastao u cementacionoj zoni. Zbog svoje hemijske i mehaničke otpornosti, zlato se vrlo često nalazi u zlatonosnim nanosima u obliku "nuggets"-a. Zlato iz nanosa uglavnom je siromašno srebrom.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje strukture se vrši "carskom vodom" ili  $\text{CrO}_3$  u  $\text{HCl}$  i  $\text{CrO}_3$  u "carskoj vodi"

#### 5.1.6. BAKAR Cu

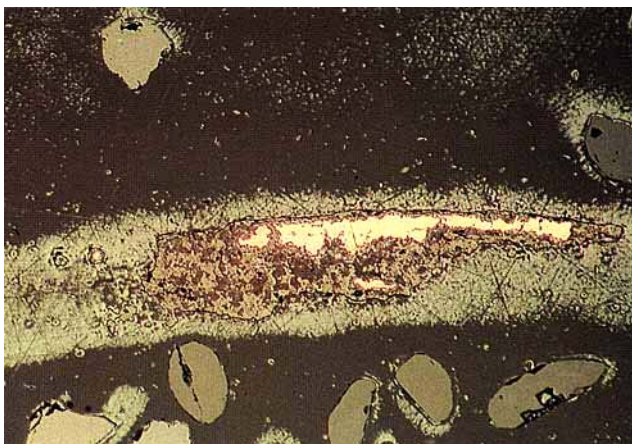
**Simetrija:** Teseralno, holoedrija.

**Hemizam:** Ako se javi u prirodi obično je hemijski čist, ali sadrži male količine zlata, arsena, bizmuta ili antimona. Od varijeteta spominje se zlatonosni bakar (2-3 % Au), vitejniti (do 11 % Au). U površinskim uslovima vrlo brzo se presvlači tamnom skramom.

**Ponašanje pri glačanju:** Bakar se glača vrlo dobro, ali se teško mogu izbjeći ogrebotine.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi u narandžastom dijelu spektra 83 % u vazduhu i 80 % u ulju. U zelenom dijelu spektra ona iznosi 61 % u vazduhu i 46 % u ulju. Boja je jasno ružičasta, ali brzo postaje zagasitija i mrko-crvena. Bakar je izotropan, ali sa ukrštenim Nikolima ne postiže se potpuno pomračenje.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Poslije strukturnog nagrizanja kod bakra se skoro redovno mogu ustanoviti lamelarna bližnjenja. Agregati su obično jasno zrnasti i jako zupčasto razvijeni.



*Sl.8. Cirkon, ilmenit, samorodni bakar i oksid bakra. Koncentrat zlata, Brazil*

**Identifikacija:** Velika količina odbijene svjetlosti i boja bakra, isključuju mogućnost zamjene sa drugim mineralima.

**Način pojavljivanja:** Bakar je isključivi produkt oksidacione zone. On se nalazi u nižim dijelovima "gvozdenih šesira". Kod bakarnih rudišta, a kao primaran pojavljuje se u koncentracionim ležištima isušenih pustinjskih basena.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši pomoću mješavine 1 dijela  $\text{CrO}_3$  i 1 dijela HCl. Mješavina se mora upotrijebiti samo u svježe pripremljenom stanju. Talog koji se obrazuje ispira se koncentrovanom HCl.

### 5.1.7. GALENIT PbS

**Simetrija:** Teseralna, holoedrija

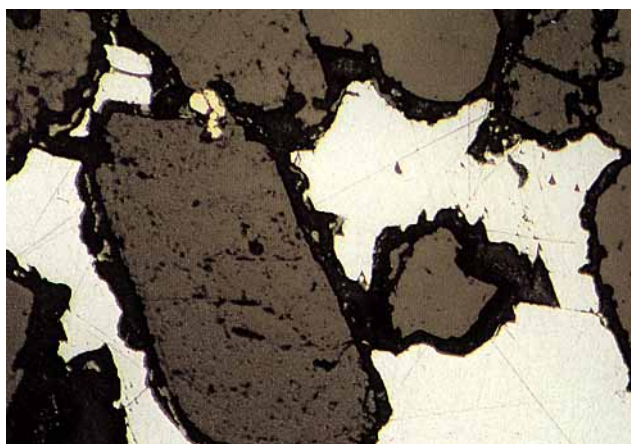
**Hemizam:** Sadrži 86,6 % Pb i 13,4 S. Sadrži primjese Ag, Cu, Bi, Fe, As, obično u desetim dijelovima procenta. Srebro se u galenitu nalazi kao primiješana supstanca, obično od 0,1 %, rijetko 0,6-1,0 %. Sumpor se može izomorfno zamjenjivati sa Se, stvarajući izomorfnu seriju galenit-klaustalit.

**Ponašanje pri glačanju:** Sitnotzrnasti galenit se prilično dobro glača. Krupnokristalasti i deformisani galenit stvara vrlo često znatne teškoće pri radu, zbog čega se prethodno mora kuhati u crvenom pečatnom vosku. Prije svega ove teškoće stvara velika cjepljivost galenita po pljosni (100). Usljed ove cjepljivosti na uglačanoj površini minerala javljaju se mnogobrojna trouglasta udubljenja koja su karakteristična za galenit. Tvrdina pri brušenju je mala. Tvrdi su halkopirit i tetraedrit. Slični su burnonit i halkozin, a mekši argentit i kovelin.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je srednje vrijednosti. Zbog svog prilično ustaljenog hemijskog sastava, obzirom na različita nalazišta, galenit je uzet kao osnova za poređenje prilikom mjerenja apsolutnih količina odbijene svjetlosti, odnosno apsolutnih jačina odbijanja (Tabela XIII).

Boja je čisto bijela, ali se u prisustvu drugih minerala i poređenjem sa njima, naročito u imerziji, obično može zapaziti slaba primjesa crvenkaste boje. Galenit je izotropan, ali se sa ukrštenim Nikolima ne dobija potpuno pomračenje.





SI.9. Galenit i pirit . Alderley Edge, Chesire, V.Britanija.

Tabela XIII: Količina odbijene svjetlosti za galenit

Za	Zelenu boju	Narandžastu boju	Crvenu boju
Vazduh	43,3-0,2 %	41,6 – 0,2 %	40,1 – 0,2 %
Kedrovo ulje	28,8 – 0,2 %	27,1 – 0,2 %	25,9 – 0,2 %

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Galenit pokazuje težnju ka obrazovanju idiomornfnih kristala, kod kojih obično preovlađuje oblik kocke, često u kombinaciji sa oktaedrom. Sitnozrne mase obično su alotriomorfno zrnaste. Zbog tektonskih pritisaka, mogu se pojaviti mase koje pokazuju, više ili manje paralelnu teksturu. Ponekada se jasno vide deformacije i savijanje. Bližnjenja se rijetko mogu zapaziti. U galenitu su vrlo česta izdvajanja drugih minerala. Gotovo u svim, a naročito u galenitu nastalim na višim temperaturama, nalazimo najfinije uklopke najrzičitijih minerala, koji mogu biti ili orjentisani, ili nepravilno rasuti po masi, ili se pak nalaze između pojedinih galenitskih zrna. Na ovim inkluzijama u galenitu uvijek postoji izvjesna količina srebra. Najčešći uklopci su tetraedrit i burnonit. Glavni nosilac srebra u galenitu obično je tetraedrit, koji je često bogat ovim metalom. Osim tetraedrita ima i drugih nosilaca srebra; od njih je naročito važan argentit. Međutim svi ostali nosioci srebra nisu još dovoljno upoznati zbog svog finog rasporeda u galenitu.

**Identifikacija:** Galenit je izvanredno čist mineral ruda i zato se mikroskopiji ruda koristi kao osnov za upoređivanje u pogledu mnogih pojava. Kod galenita je karakteristična bijela boja u odbijenoj svjetlosti, izotropija i trouglasta udubljenja. Na slično pojavljivanje trouglastih udubljenja nailazimo jedino kod klaustalita, altaita i silvanita, ali ovi minerali su vrlo rijetki. Izotropija galenita sprečava njegovu zamjenu sa sulfosolima, koje su slične boje.

**Način pojavljivanja:** Galenit je vrlo rasprostranjen mineral u najrazličitijim vrstama ležišta, ima široko područje postanka. On je nepoznat samo kod parageneza vrlo visoke temperature. U pneumatolitskim ležištima slabo je zastupljen. Njegovo najrasprostranjenije područje pojavljivanja su hidrotermalne tvorevine, gdje se obično javlja sa sfaleritom, koji ga skoro redovito prati. Galenit se stvara na nižoj temperaturi od sfalerita i prostorno je vezan za više dijelove rudišta, tako da mnogo olovno-cinkana



ležišta sadržinom prelaze sve više u čisto cinkana. Galenit se pojavljuje na području hidrotermalnih tvorevina do ležišta koja se stvaraju na najnižim temperaturama. Galenit se takođe sreće i u području sedimentnih tvorevina, gdje se prvenstveno nalazi u ležištima koja nastaju u sumpornom ciklusu; na takvim mjestima ponekad se može naći u velikim količinama. Zbog dejstva jake oksidacije u površinskim uslovima, galenit je nepostojan.

**Otkrivanje strukture:** Dobro otkrivanje obično daje rastvor 75-80 % azotne kiseline (sp.mase 1,2) i 25-15 % alkohola (96-98 %) u vremenu od 2 do 10 sekundi. Nagrizanje ne uspijeva u svim slučajevima. Osim toga dolazi pušljiva bromovodonična kiselina sa sirćetnom kiselinom, a razblažena sa 20-40 % vode. Nagrizanje se vrši 8 do 10 sekundi.

### 5.1.8. SVALERIT ZnS

**Simetrija:** Teseralna, tetraedrijska hemiedrija.

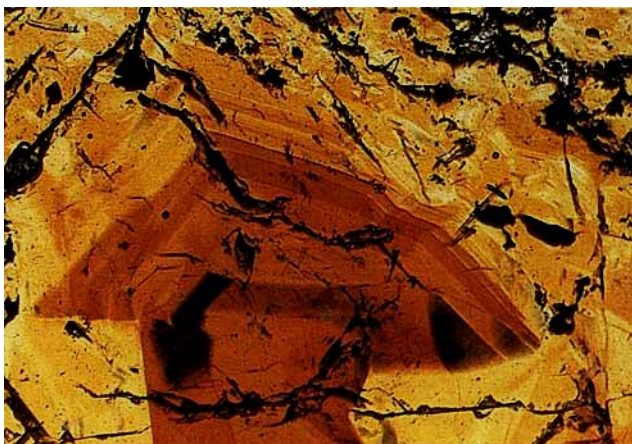
**Hemizam:** Sadrži 67,06 % Zn, 32,94 % S. Može sadržavati Fe do 26 % (marmatit;  $3ZnS+FeS$ ), (kristofit  $2ZnS+2FeS$ ), Mn do 5,81 % po čemu su karakteristična visokotemperaturna ležišta sfalerita. Kao rijetki elementi se javljaju Ga, Ge, Sn (do 0,01 %), Au, Ag, Rb, Ni, Co, Bi, Sb i drugi elementi.



Sl.10. Svalerit i gersdorfit. Nenthead, Nort pennines, V. Britanija

**Ponašanje pri glačanju:** Sfalerit se obično vrlo dobro glača. Kod tektonski izmijenjenog materijala, mogu se odlamati sitni dijelovi što izaziva poteškoće. Tvrdina pri brušenju je srednja. Cjepljivost koja nastaje pri brušenju obično se zapaža u krupnokristalastim masama pravcem (100), dok kod sitnozrnih masa nje obično nema.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala i iznosi 16 % u vazduhu i 5 % u ulju. Boja u vazduhu je svijetlosiva, obično s plavičastom primjesom. U ulju je mineral potpuno providan i o nekoj boji ne može biti govora. Sfalerit je izotropan i sa ukrštenim Nikolima ostaje potpuno pomračen. Uvijek je pun unutrašnjih refleksa, naročito kad se posmatra u ulju. U sfaleritima koji su siromašni gvožđem, unutrašnji refleksi su bijeli, dok kod bogatih gvožđem srećemo žute i mrko-bijele unutrašnje reflekske.



SI.11. Svalerit i gersdorfit. Nenthead, Nort pennines, V. Britanija



SI.12. Svalerit i galenit

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjenja postoje skoro redovno u obliku polisintetičkih lamela, ali se ona mogu ustanoviti tek poslije strukturnog nagrizanja uglacane površine. U sfaleritu se izvanredno mnogo i često sreću raznovrsna izdvajanja i uklopici drugih minerala. Oni su vrlo često pravilno orijentirani. To je obično halkopirit, ali se mogu javiti i pirhotin, kubanit i stanin.

Oblik zrna je različit. Obično je poligonalan i zupčast. Sreću se i zrakaste mase u kojima je sfalerit praćen vircitom.

**Identifikacija:** Za sfalerit je karakteristična mala količina odbijene svjetlosti, koja se u ulju vidno smanjuje, njegovi unutrašnji refleksi, srednja tvrdoća i ponašanje pri nagrizanju. Kasiterit i rutil su tvrdi i anizotropni su. Albandin ima unutrašnje reflekse zelene boje. Sličnog izgleda je u vazduhu i sitnozrni magnetit, ali u ulju odbija znatno veću količinu svjetlosti. Sfalerit i vircit, obično se ne mogu razlikovati pod rudnim mikroskopom na uglacanim preparatima; oni se moraju određivati u petrografskim preparatima.

**Način pojavljivanja:** Sfalerit je rasprostranjen u raznovrsnim ležištima i ima prostrano područje postanka. On se nalazi u magmatskim segregacionim rudištima, a nije

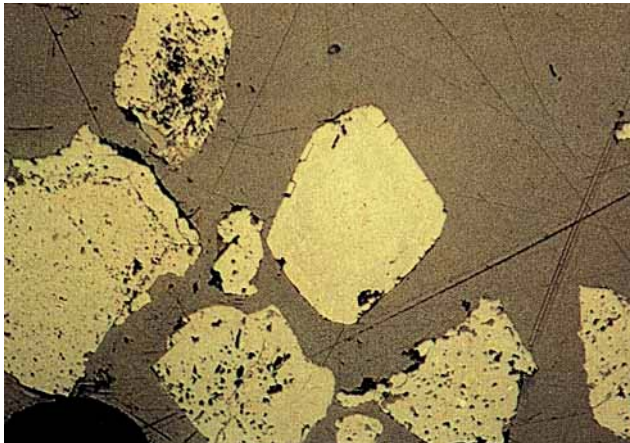
nepoznat ni u pegmatitskim i pneumatolitskim pojavama. Njegovo glavno područje rasprostranjenja su hidrotermalne tvorevine; pojavljuje se kako u intruzivno-hidrotermalnom, tako i u subvulkanskom predjelu. Na sedimentnom području, sfalerit je prije svega rasprostranjen u ležištima koja nastaju u sumpornom ciklusu.

Kao visokotemperaturni mineral obično se javlja kao marmatit u asocijaciji sa arsenopiritom, piritom i drugim mineralima.

U dubljim dijelovima ležišta procenat sfalerita raste nasuprot galenita. U visoko do srednjetemperaturnim ležištima, praćen je složenim sulfidima (bulanžeritom, džemsonitom). Čest je kao metasomatski produkt, a može nastati i u procesu dijageneze sedimentnih stijena koje su obogaćene sumpornim jedinjenjima. Javlja se kao akcesorni mineral u nekim pegmatitima.

**Otkrivanje strukture:** Struktura mu se može lako otkriti sa  $KMnO_4$  i  $H_2SO_4$  u vremenu 10 do 30 sekundi, ili pomoću HJ.

### 5.1.9. PIRIT $FeS_2$



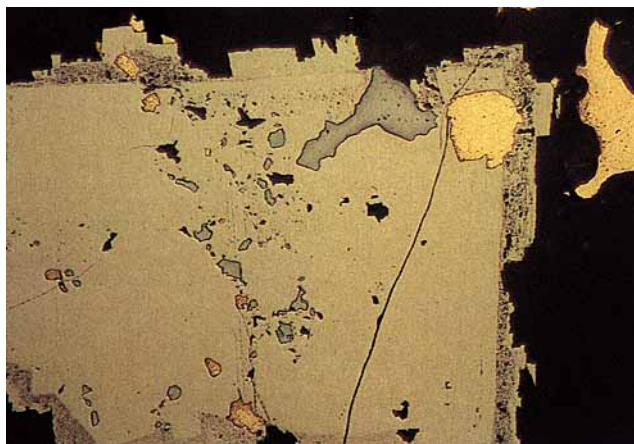
Sl.13. Pirit Lancashirt, V.Britanija

**Simetrija:** Teseralna, pentagonska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 46,6 % Fe i 53,4 % S. Primjese su Co (kobalt-pirit), Ni, Cu, Mn, As (do 2,7 %), Sb, Au i Ag, koji dolaze od mehaničkog onečišćenja, inkluzija halkopirita i kristala pirita. Au i Ag se nalaze u piritu u disperzionom stanju.

**Ponašanje pri glačanju:** Pirit se obično vrlo slabo glača i površina mu ostaje neravnomjerna, ukoliko preparat nije izrađen sa velikom pažnjom. On ima najveću tvrđinu pri brušenju od svih sulfidnih minerala, osim sperlita i laurita. Pirit je mekši od kasiterita, a tvrđi od arsenopirita. Markasit je slične tvrdoće.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je visoka i iznosi 53,5 % u vazduhu i 47 % u ulju. Boja je svijetlo žutobijela, ali je pod jakim uticajem minerala koji prate pirit. Pored markasita, pirit je nešto žući; pored arsenopirita – svjetliji i žući; a pored halkopirita je svjetliji i izgleda skoro bijel. Pirit je izotropan, ali se sa ukrštenim Nikolima ne javlja potpuno pomračenje. Kod nekih pirita koji su nastali iz gela može se primjetiti sasvim slaba anizotropija – posebno kod onih koji sadrže malu količinu arsena.



**Sl.14.** Pirit i samородno zlato. Dolgellau Belt, Wels, V.Britanija.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Pod mikroskopom nisu opažena bližnjena kod piritu. Zonarnost je ponekad dobro izražena. Pirit se najčešće javlja u obliku heksaedra. U nekim ležištima razvijene su i strukture gela. U masama pirit je gotovo uvijek alotriomorfno zrnast.

**Identifikacija:** Velika tvrdina, osobina da se teško glača i žuta boja su karakteristične osobine i ne dozvoljavaju njegovo zamjenjivanje sa drugim mineralima. Markasit je očigledno anizotropan, pri upoređivanju sa piritom je svjetliji i nešto bjelji. Kobaltin može biti bez upoređivanja vrlo sličan piritu, ali je najčešće u manjoj mjeri lamelarno anizotropan..

**Način pojavljivanja:** Pirit je najrasprostranjeniji mineral ruda i nalazi se u rudištima koja nastaju na svim temperaturama. Njegovo pojavljivanje ograničava se jedino na područje pojava koje nastaju pod uticajem izrazito atmosferske oksidacije.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje strukture se postiže pomoću  $KMnO_4$  sa  $H_2SO_4$ , mada je obično vrlo nejasno.

#### 5.1.10. MELNIKOVIT-PIRIT $FeS_2$

**Simerija:** Teseralna, pentagonska hemiedrija.

**Hemizam:** Ima isti hemijski sastav kao i pirit.

**Ponašanje pri glačanju:** Melnikovit-pirit glača se slično piritu. Nekada pokazuje nešto bolju mogućnost za obradu.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je ista kao kod piritu, ali je u nekim slučajevima i manja. Boja mu odgovara piritu, mada može postati jasno žuta ili jasno mrka. Utisak anizotropije pokazuje u slaboj mjeri one vrste koje u sebi sadrže male količine arsena.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Melnikovit-pirit je iskristalisali  $FeS_2$  – gel, te stoga redovno pokazuje zrakaste mase. Gotovo uvijek ima relikte (ostatke) i odlike strukture gela.

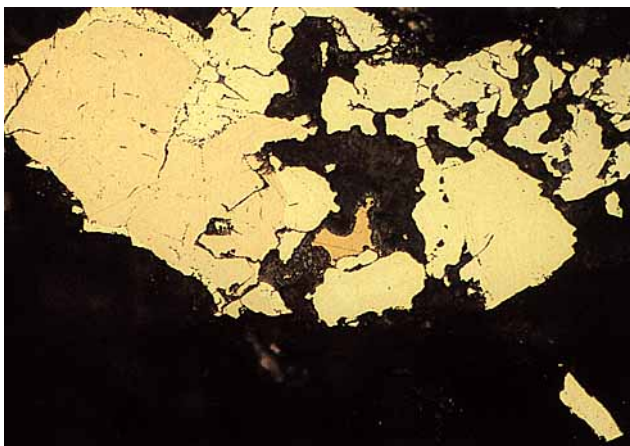
**Identifikacija:** Na osnovu nalazišta i strukture gela, mogućnost zamjene skoro potpuno otpada.



**Način pojavljivanja:** Melnikovit-pirit je ograničen na ležišta koja se stvaraju na niskim temperaturama. On se pojavljuje u najkasnijim hidrotermalnim i sedimentnim pojavama stvaranja rudišta.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši kao i kod pirita pomoću  $\text{KMnO}_4$  sa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### 5.1.11. BRAVOIT ( $\text{Fe, Ni}$ ) $\text{S}_2$



*Sl.15. Bravoit, niklonosni pirit, halkopirit i kovelin. Oxclose mine. South Pennines, V. Britanija*

**Simetrija:** Teseralna, pentagonska hemiedrija.

**Hemizam:** Predstavlja čvrsti rastvor  $\text{FeS}_2$  (pirit) i  $\text{NiS}_2$  (vaesit). U nekim slučajevima sadrži i  $\text{CoS}_2$  (katerit). U literaturi se pominju članovi siromašni sa željezom koji se identifikuju kao violarit.

**Ponašanje pri glačanju:** Ponaša se vrlo različito i zavisi od količine nikla. Mogućnost glačanja u poređenju sa piritom obično je nešto bolje. Tvrdina pri brušenju je različita.

**Optičko ponašanje:** Vrijednosti količine odbijene svjetlosti zavise od sadržaja nikla i kreću se od srednjih do velikih. Članovi bravoita koji su bogati niklom imaju boju pirhotina i vrijednosti njegove količine odbijene svjetlosti (37 % u vazduhu i 29 % u ulju), dok članovi koji su siromašni niklom imaju osobine prilično slične piritu. Boja je često različita u pojedinim zonama. Članovi koji su bogati niklom mijenjaju svoju boju poslije izvjesnog vremena stajanja. Bravoit je izotropan.

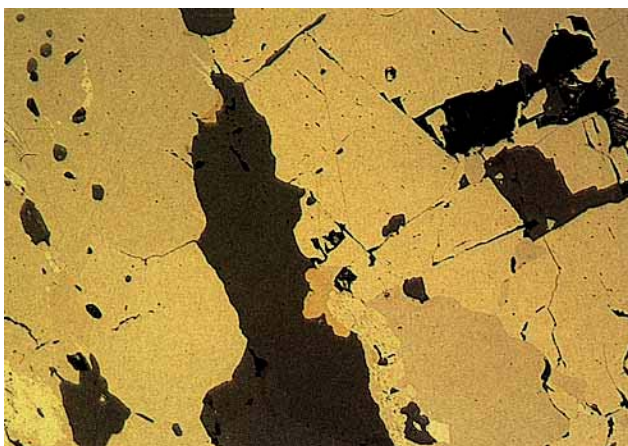
**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Zonarnost je uvijek vrlo jasno razvijena i može se često ustanoviti po razlici boja i tvrdini. Oblik zrna je vrlo različit. Bravoit pokazuje težnju ka idiomorfnom razviću.

**Identifikacija:** Kod bravoita koji su zonarni ne postoji mogućnost zamjenjivanja. Parageneza bravoita je takođe karakteristična.

**Način pojavljivanja:** Bravoit nastaje samo pri vrlo niskim temperaturama, redovno pod uticajem cirkulacije (kruženja) površinskih ili dubinskih voda. Bravoit je čest produkt raspadanja pentlandita.

**Otkrivanje strukture:** Dobri efekti se postižu sa koncentrovanom  $\text{HNO}_3$  uz izmjenu boje do tamno-sive. Negativne efekte daje ponekad upotreba  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{HgCl}_2$  i  $\text{FeCl}_3$ .

### 5.1.12. PENTLANDIT (Fe,Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>



Sl.16. Pirhotin i pentlandit

**Simetrija:** Teseralna, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 34,55 % Fe, 3,22 % Ni i 33,23 % S. Odnos između Fe : Ni = 1 : 1. Sadrži primjese Co (do 1,6%) koji zamjenjuje Ni, često Se i Te. Pentlandit sa sadržajem Co do 49 % naziva se kobaltpentlandit.

**Ponašanje pri glačanju:** Tvrdina pri brušenju je srednja i nešto veća od halkopirita i pirhotina. Pentlandit se može dobro uglačati. Cjepljivost po (111) je obično jasna.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 51 % u vazduhu i 47 % u ulju. Boja mu je bijelo 'krem', sa slabom mrkom primjesom. Izotropan je, ali se potpuno pomračenje ne postiže pri ukrštenim Nikolima.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje nije zapaženo. Pojedina zrna su obično alotriomorfno razvijena. Pentlandit često nastaje izdvajanjem iz pirhotina. U početnom stadiju raspadanja pentlandita, na ivicama njegovih zrna i po pukotinama razvija se bravoit.

**Identifikacija:** Za pentlandit su karakteristične izotropija i oktaedarska cjepljivost. Pirhotin ima nešto jaču ružičasto-mrku boju i jako je anizotropan.

**Način pojavljivanja:** Stvara se u magmatskim bazičnim i ultrabazičnim stijenama u tzv: sulfidnim Cu-Fe ležištima, zajedno sa pirhotinom i halkopiritom. Obično se u tim ležištima javlja magnetit i minerali platinske grupe (sperlit, PtAs, kuperit, PtS, bregerit (U,Th)O<sub>2</sub> i dr.), djelovanjem atmosferilija prelazi u anabergit Ni<sub>3</sub>(AsO<sub>4</sub>) · 8H<sub>2</sub>O. Kao tipičan primjer magmatskih ležišta imamo pojave u Africi (Bushveld), Norveškoj (Fäoy) i Kanadi.

Pod dejstvom kasnijih hidrotermalnih procesa prelazi u druge sulfide nikla, naročito u milerit, kao krajnji hipogeni produkt.

**Otkrivanje strukture:** Pogodno sredstvo za otkrivanje strukture još nije pronađeno.

### 5.1.13. LINEIT Co<sub>3</sub>S<sub>4</sub>

**Simetrija:** Teseralna, holoedrijski.

**Hemizam:** Ovoj grupi pripadaju vrlo rijetki sulfidni minerali opšteg sastava:  $R^{++}R_2^{+++}S_4$ , pri čemu  $R^{++}$  i  $R^{+++}$  mogu biti Co, Ni, Fe, a  $R^{++}$  još i Cu. Ima ih oko desetak, a najvažniji je lineit. Lineit sadrži 57,96 % Co i 42,04 % S. Od primjesa sadrži Fe i Cu.

**Ponašanje pri glačanju:** Minerali grupe lineita obično se dobro glačaju. Cjepljivost je nekad dobra, a nekad se uopšte ne vidi. Tvrdina pri brušenju je otprilike slična pirhotinu. Ona je znatno veća od halkopirita i sfalerita, ali je manja od pirita i arsenopirita.

**Optičko ponašanje:** U odbijenoj svjetlosti je sličan kobaltinu i gelsdorfitu. Ima veliku količinu odbijene svjetlosti, na vazduhu 46,2 %, a u ulju se smanjuje na 31,5 %. Količina svjetlosti se mijenja u zavisnosti od hemijskog sastava, kao i boja minerala, koja je bijela sa 'krem' ili crvenkastom primjesom. Minerali ove grupe su potpuno izotropni.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjenje i zonarna građa do sada nisu opaženi. Pojave deformacija se javljaju u više slučajeva. Pokazuje sklonost ka obrazovanju idiomorfno razvijenih kristala po pljosni (111). Samo u rijetkim slučajevima se javlja u zrnastim masama.

**Identifikacija:** Mogućnost zamjene postoji, naročito sa mineralima kobalta i nikla. Kobaltin je tvrdi i nije potpuno izotropan. Ulmanit, gersdorfit i smaltin više su bijele boje. Arsenopirit i pirhotin su anizotropni.

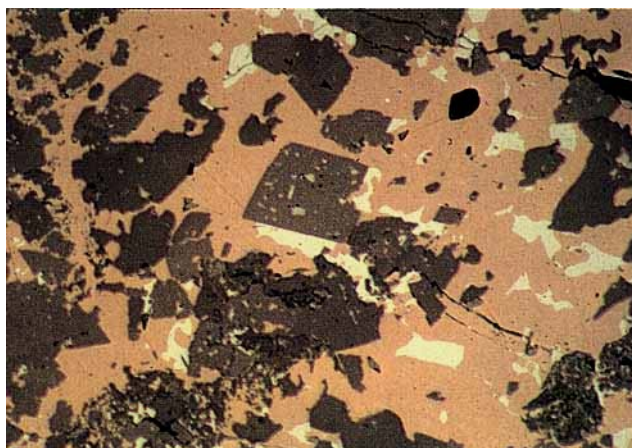
**Način pojavljivanja:** Nalazi se u hidrotermalnim sulfidnim žicama i kontaktno-metamornim ležištima.

**Otkrivanje strukture:** Strukturno nagrizanje se vrši pomoću  $HNO_3$  i  $HCl$ .

#### 5.1.14. BORNIT $Cu_5FeS_4$

**Simetrija:** Teseralna, holoedrijski.

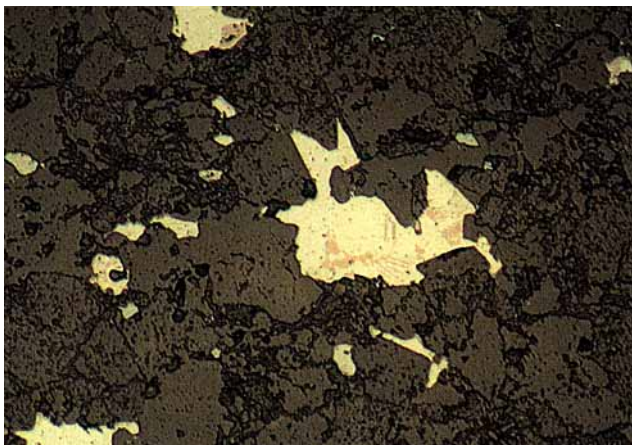
**Hemizam:** Sadrži 63,3 % Cu, 11,2 % Fe i 25,5 % S. Hemijski sastav mu varira usljed mehanički uklopljenih drugih minerala, a najčešće u vidu čvrstog rastvora halkopirita, halkozina i kovelina. Od drugih primjesa najčešće sadrži Ag.



Sl.17. Bornit i chalccocit, Gort drum, Irska

**Ponašanje pri glačanju:** Bornit se uvijek glača vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju je srednja. Veća je od galenita i halkozina, a nešto manja od halkopirita. Cjepljivost koja nastaje pri brušenju je rijetka, ali je jasna ako se pojavi. Kuhanje bornita u crvenom pečatnom vosku bolje je izbjegavati, da bi se na povišenoj temperaturi spriječila

mogućnost njegovog stupanja u reakciju sa uklopcima koji se nalaze u njemu. Osim toga gotovi preparat preporučljivo je utvrditi na "cera albi" (prirodnom vosku od pčela), a ne na plastelinu, pošto pojedini borniti stupaju u reakciju sa sumporom iz plastelina, usljed čega se raspadaju.



*Sl.18. Djurleit i bornit. Mount Gabriel County Cork, Irska*

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je srednja i iznosi oko 19 % u vazduhu i 8 % u ulju, mijenjajući se prema hemijskom sastavu. Boja na svježe uglačanim površinama je otvoreno ružičasto-mrka, ali se obično vrlo brzo mijenja, prelazeći u crvenu, a zatim u ljubičastu ili plavu boju. Promjena boje se ne zasniva na prevlakama na površini. U ulju bornit je narandžast. Pored enargita, bornit izgleda jasno obojen.

Treba napomenuti da je bornit u mnogim slučajevima anizotropan, za razliku od bornita koji su zbog svog kristalnog sistema obično izotropni. Visina anizotropije je vrlo različita. Nekad se po ivicama pojedinih zrna može opaziti pojava birefleksije: ponekad se utisak anizotropije jedva može primjetiti i sa ukrštenim Nikolima.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bornit u masama obično pokazuje zrnastu građu. Pojedini anizotropni borniti imaju lamelarno bližnjenje. Većina bornita pokazuju u sebi izdvajanja, koja su vrlo često pravilno orjentisana. Produkt izdvajanja je najčešće halkopirit, ponekad i halkozin. Između bornita i halkozina pojavljuju se i mirmekitska i eutektička izdvajanja.

**Identifikacija:** Boja bornita i njegovo optičko ponašanje su toliko karakteristični da je zamjena gotovo nemoguća. Svi drugi minerali ruda koji odbijaju svjetlost crveno-mrke boje, naročito enargit, znatno su jače anizotropni.

**Način pojavljivanja:** Bornit ima prilično široko područje pojavljivanja. Nalazi se vjerovatno već u pegmatitskom i pneumatolitskom području, mada u neznatnim količinama. Glavni dio njegovog masovnog razvića odgovara hidrotermalnim tvorevinama. Na sedimentacionom području, bornit se pojavljuje u cementacionoj zoni bakarnih sulfidnih rudišta, mjestimično u većim količinama i u marinsko-sedimentnim ležištima sumpornog ciklusa.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje strukture je teško izvesti, ali se obično postiže pomoću rastvora joda i kalijum-jodida u odnosu 1 : 2.



## 5.1.15. HALKOZIN Cu<sub>2</sub>S

**Simetrija:** Rombično, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 78,8% Cu i 21,1% S. Od primjesa sadrži Ag, nekad Fe, Co, Ni, As i Au. Hemijski sastav nije u dovoljnoj mjeri proučen. Predstavlja gusto heksagonalno pakovanje atoma sumpora. Iznad 103°C niskotemperaturni halkozin prelazi u visokotemperaturnu modifikaciju.

Na osnovu optičkih osobina kod halkozina možemo jasno razlikovati četiri vrste, i to:

-Rombični halkozin koji nastaje iz rastvora ispod 91°C. On je gotovo čist Cu<sub>2</sub>S.

-Lamelarni halkozin, koji se stvara iz rastvora iznad 91°C. On je takođe gotovo čist Cu<sub>2</sub>S. Pri prelazu tačke preobražaja od 91°C raspada se u rombične lamele.

-Plavi halkozin je mješavina Cu<sub>2</sub>S sa najmanje 7-8 % CuS. Zbog mješavine nije raspadnut u lamele, već je zadržao svoj teseralni sistem.

-Ružičasto-sivi halkozin je mješavina između halkozina i bornita. On je nastao kao teseralna modifikacija iznad 91°C, a poslije pri spuštanju temperature ispod 91°C, prešao u rombičnu modifikaciju, pri čemu se jedan dio Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub> izdvojio kao bornit.

**Ponašanje pri glačanju:** U pogledu glačanja sve vrste su jednake. One se glačaju obično vrlo dobro, ali u prisustvu tvrdih minerala lako se izgrebu. Tvrdine pri brušenju slične su galenitu, a nešto manje od bornita. Cjepljivost pri brušenju je nejasna, kod djelimično raspadnutih primjeraka nešto bolja.

Zbog polimornog preobražaja na 91°C, potrebno je izbjegavati kuhanje preparata u crvenom pčelarskom vosku. Takođe treba izbjegavati stavljanje gotovih preparata na plastelin, pošto halkozin stupa u reakciju sa sumporom iz plastelina, usljed čega se preparat raspada. U ovim slučajevima mora se upotrijebiti prirodni vosak pčela (cera alba).

**Optičko ponašanje:** U pogledu optičkog ponašanja različite vrste halkozina različito se ponašaju, radi toga je potrebno o svakoj vrsti posebno govoriti.

-*Rombični halkozin:* Količina odbijene svjetlosti nije velika i iznosi 16 % u vazduhu i 7 % u ulju. Boje je bijele; u ulju – plavičasto-bijele, a uz galenit – jasno plavičaste. Birefleksija je veoma slaba i može se primjetiti samo pri pažljivom posmatranju u ulju. Utisci anizotropije su takođe vrlo slabi, oni pri nepotpuno ukrštenim Nikolima u ulju postaju nešto jasniji. Pomračenje je uporedno sa pravcem cjepljivosti (001). U nagriženim preparatima utisci anizotropije su jako pojačani.

-*Lamelarni halkozin.* Količina odbijene svjetlosti je nešto veća nego kod rombičnog halkozina. Ona iznosi 24 % u vazduhu i 14 % u ulju. Boje je bijele (nešto svijetlije). U ulju boje su mnogo slabije i plavičasto bijele. Birefleksija i utisci anizotropije su kao kod rombičnog halkozina. Lamelarna građa se može obično raspoznati tek poslije strukturnog nagrivanja.

-*Plavi halkozin.* Količina odbijene svjetlosti je mala i iznosi 18 % u vazduhu i 7 % u ulju. Boja je plavičasta; u ulju jasno plava, a uz galenit, tetraedrit i bornit – sasvim plava. Kovelin mu je vrlo sličan na srednjim presjecima, bez upotrebe polarizatora. Plavi halkozin je uvijek izotropan; sa ukrštenim Nikolima ima tamnu čelično-plavu boju.

-*Ružičasti halkozin.* Količina odbijene svjetlosti nešto je veća. Ona iznosi 23 % u vazduhu i 12 % u ulju. Boja je sivo-bijela do sivo-ružičasta. U ulju je zagasito-siva do ružičasto-siva. Birefleksija je naročito jasna u ulju, ali još uvijek slaba. Utisci anizotropije su jasni i živih boja – od svijetlo-ružičaste do zelenkasto-plave.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Izdvajanja drugih minerala u halkozinu su rijetka; jedino se javljaju kod ružičasto-sive vrste. U njemu se pojavljuju mirmekitska srastanja, naročito sa bornitom, ali nailazimo i srastanja sa tetraedritom, stromajeritom i drugim mineralima. Struktura zrna je obično alotriomorfno-zrnasta, naročito kod rombičnog halkozina.

**Identifikacija:** Halkozin se može zamijeniti sa tetraedritom, argentitom i drugim mineralima srebra. Karakteristične osobine halkozina su: plavobijela boja, parageneza sa kovelinom i lako strukturno nagrizanje sa  $\text{HNO}_3$ . Tetraedrit je tvrdi i manje plav. Argentit – zelenkast i obično jako izguban.

**Način pojavljivanja:** Razlikovanje pojedinih vrsta halkozina naročito je važno zbog tačke preobražaja od  $91^\circ\text{C}$ , koja služi kao polazna tačka za utvrđivanje temperature postanka jednog ležišta. Lamelarni halkozin uvijek nastaje na temperaturama višim od  $91^\circ\text{C}$ . On je znači ascedentnog porijekla. Suprotno njemu rombični halkozin je u većini slučajeva descendentna tvorevina, koja nastaje u cementacionoj zoni, karakterističnoj za ležišta bakarne rude.

Ascedentne tvorevine halkozina nastaju u hidrotermalnim ležištima. Njihovo najvažnije područje razvijanja je u stvari cementaciona zona koja se stvara raspadanjem sulfidnih bakarnih ruda, usljed čega kod njih dolazi do značajnog obogaćenja bakrom. U sedimentnom području rombični halkozin pojavljuje se u ležištima koja su nastala u sumpornom ciklusu, a takođe i u koncentracionim ležištima isušenih pustinjskih basena.

**Otkrivanje strukture:** Nagrizanje ima izvjesnog značaja samo pri razlikovanju pojedinih vrsta. Otkrivanje strukture postiže se pomoću koncentrovane  $\text{HNO}_3$  za 3 do 10 sekundi, pri čemu uglačana površina minerala postaje zatvoreno-plava. Strukturno nagrizanje može se postići i sa KCN u razmjeri 1 : 5. prilikom nagrizanja minerala pojavljuje se cjepljivost po (001), (010) i (100), koje se razlikuju od uobičajene cjepljivosti po (110).

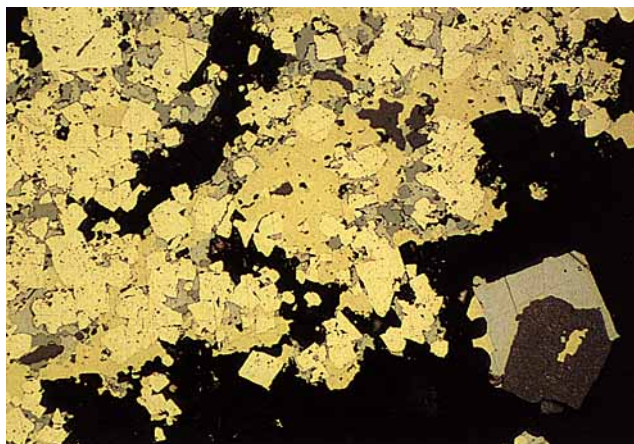
#### 5.1.16. TETRAEDRIT $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ , TENANTIT $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$

**Simetrija:** Teseralna, tetraedrijska hemiedrija.

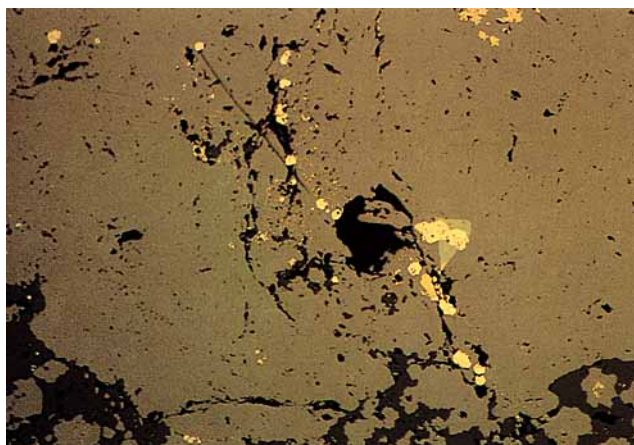
**Hemizam:** Tetraedriti predstavljaju izomorfni niz minerala, čiji su krajnji članovi tetraedrit i tenantit, odnosno sulfoantimonidi i sulfoarsenidi Cu. Opšta hemijska formula ovih minerala bila bi  $\text{A}_{12}\text{X}_4\text{S}_{13}$  u kojoj komponenta A može biti Cu, Ag, Zn, Fe i Hg, a komponenta X sa As, Sb, rjeđe Bi. Mada se ne bi mogla povući oštra granica između minerala tetraedrita, ističu se kao posebne vrste sljedeći minerali:

- Frajbergit, Cu – Ag – Sb tetraedriti,
- Švacit Cu – Hg – Sb tetraedriti,
- Anivit Cu – Sb – Bi tetraedriti.

Sudeći po hemijskoj formuli ima sastav: Cu – 51,7 %; As – 20,26 %; Sb – 28,17 %. Međutim hemijske analize pokazuju velika kolebanja pojedinih elemenata u ovim mineralima: Cu (25-53 %), Zn (0-9 %), As (0-20 %), Bi (0-13 %), Ag (0-18 %), Fe (0-13 %), Sb (0-29 %), S (20-29 %).



**Sl.19.** Pirit, halkopirit, galenit i tetraedrit



**Sl. 20.** Svalerit, halkopirit, pirit i tenantit

**Ponašanje pri glačanju:** Tetraedriti se obično vrlo dobro glačaju. Tvrdina pri brušenju im je srednja i uvijek je veća od galenita, antimonita, pirargirita i drugih. Po tvrdini su slični halkopiritu i burnonitu, a manje su tvrdine od sfalerita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti nije velika i jako se smanjuje u ulju. Promjene vrijednosti usljed različitog hemijskog sastava kreću se od 23-24 % u vazduhu i od 13-16 % u ulju. U poređenju sa galenitom, tetraedriti imaju jasnu primjesu sporedne mrke boje. Razlike u boji između pojedinih članova ovog niza postaju mnogo jasnije u ulju. U odbijenoj svjetlosti mogu se zapaziti slijedeće boje:

Tetraedrit ( u užem smislu) je maslinasto-mrk, prljavog utiska boje.

Tenantit je zelenkast, sa svijetlo-plavom primjesom koja pri povećanju količine srebra postaje sve jasnija.

Frajbergit ima srazmjerno veliku količinu odbijene svjetlosti. Boja mu je naročito karakteristična i obično je svijetlo maslinasto-mrka.

Švacit ima takođe prilično veliku količinu odbijene svjetlosti. Odlukuje se mutno-'krem' primjesom u boji.

Tetraedriti sa bizmutom (Anivit) imaju boju 'krem'-mrku do bijelu, ali boje nisu karakteristične.

Svi tetraedriti su izotropni i sa ukrštenim Nikolima pokazuju potpuno pomračenje. Ponekad u crvenoj boji pokazuju unutrašnje reflekske koji su naročito česti kod tenantita.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Pored kristalnih formi javlja se u jedrim, uprskanim, zrnastim i gustim agregatima. Bogati su kristalnim oblicima. Blizanci po pljosni (111) su prodorni.

**Identifikacija:** Kristalni oblici i topivost u  $\text{HNO}_3$ , sa izdvajanjem S,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ , glavne su karakteristike tetraedrita.

Tetraedrit je tako karakterističan da je zamjena rijetko moguća. Slični minerali, kao burnonit i drugi su anizotropni.

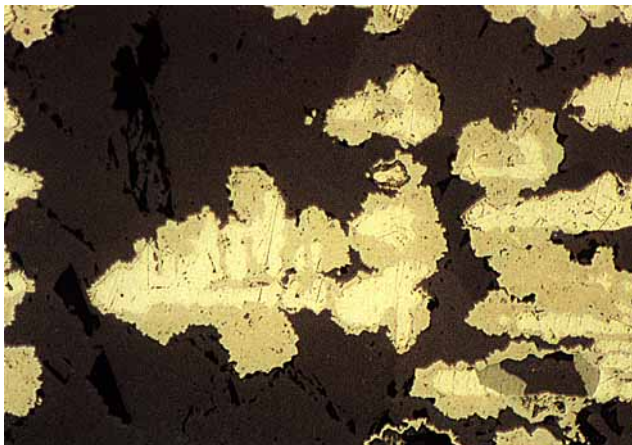
**Način pojavljivanja:** Relativno su dosta rasprostranjeni minerali među hidrotermalnim ležištima bakra, a nešto manje ih ima u ležištima ostalih minerala. Paragenetski su vezani za minerale Cu, Pb, Zn, Fe, As i drugim jedinjenjima. Može biti značajna pojava u kontaktno-metasomatskim i pegmatitskim tvorevinama. Stvaranje tetraedrita na račun enargita ima čest metasomatski karakter. Trošenjem prelazi u malahit i azurit.

**Otkrivanje strukture:** Kod tetraedrita vrlo je teško izvesti. Sa  $\text{CrO}_3$ , HCl i koncentrovanim  $\text{KMnO}_4$ , koncentrovanim KOH i 6%  $\text{H}_2\text{O}_2$ , u jednakim dijelovima, u trajanju od 10 sekundi do 1 minute može se postići otkrivanje strukture kod nekih, ali ne i kod arsenovih tetraedrita.

#### 5.1.17. MAUHERIT $\text{Ni}_4\text{As}_3$

**Simetrija:** Tetragonski, trapezoedrijska klasa

**Hemizam:** Pokazana formula je promjenjljiva od  $\text{Ni}_4\text{As}_3$  do  $\text{Ni}_3\text{As}_2$



Sl.21. Nikolit, samorodno srebro, akantit i mauherit. Great bear lake, Kanada

**Ponašanje pri glačanju:** Mauherit se glača odlično. Tvrdina pri brušenju mu je prilično velika, veća od halkopirita i svalerita, približno tvrdini nikelina i smaltina, a manja od tvrdine saflorita, ramelsbergita i lelingita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 55 % u vazduhu i 50 % u ulju. Boja je bijela, prelazi u crvenkasto-žutu. Uz nikelin boja postaje tamnija, skoro

svijetlo-siva, dok je nikelin nešto svijetliji. Birefleksija izostaje, a utisci anizotropije se praktično ne mogu ustanoviti sa ukrštenim Nikolima. Zato se mauherit uvrštava u izotropne minerale.

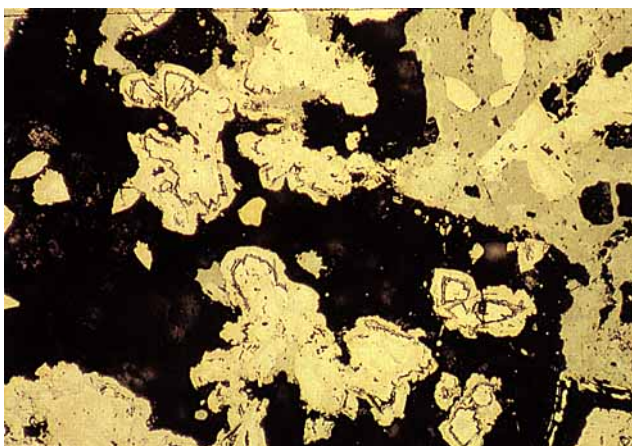
**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Javlja se u formi alotriomorfnih zrna, obično se nalazi u vidu dugovlaknastih masa.

**Identifikacija:** Mauherit se može lako razlikovati od nikelina. Za mauherit je karakteristično da nema izotropiju i birefleksiju, a osim toga je nešto tamnije boje od nikelina. Ramelsbergit i saflorit su više bijele boje, jasno anizotropni i tvrdi. Minerali grupe smaltina mogu biti slični mauheritu, oni su obično zonarni.

**Način pojavljivanja:** Mauherit je prvenstveno hidrotermalan mineral. Javlja se obično u niklonosno-hromitskom ležištu Los Horales, Malaga, za koje se smatra da je likvidno-magmatsko. U ovom tipu se javlja u zadnjoj fazi kristalizacija.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši sa  $KMnO_4$  i  $H_2SO_4$ , ili sa  $H_2O_2$  i  $H_2SO_4$ .

### 5.1.18. SKUTERUDIT $CoAs_3$



SI.22. Ramelsbergit, bizmutinit, skuterudit i halkopirit. Great bear lake, Kanada

**Simetrija:** Teseralna, pentagonska hemiedrija.

**Hemizam:** Predstavlja uglavnom izomorfnu seriju kobalta i nikla. Krajnji članovi se rijetko mogu naći u prirodi čisti. Osim toga u ovaj niz ulazi još i  $FeAs_3$ . Formula obično ne odgovara stvarnom stanju; redovno se pojavljuje veća količina arsena nego što odgovara hemijskom sastavu. Hemijski sastav je kolebljiv (Tabela XIV).

Tabela XIV: Tabela pregled hemijskog sastava serije skuterudita.

	Skuterudit	Smaltin	Hloantit	Ni-skuterudit
As	76,4-72,9	71,6-63,4	73,5-71,4	78,1-75,4
S	-17	-1,4	-0,6	1,7-0,9
Co	20,5-10,8	24,1-13,8	3,6-6,3	7,8-2,3
Ni	-9,4	1,0-15,0	21,2-14,5	19,9-12,0
Fe	-5,8	1,2-7,3	2,8-5,2	5,1-0,5



**Ponašanje pri glačanju:** Minerali ove grupe se vrlo dobro glačaju. Tvrdina pri brušenju je manja od arsenopirita, saflorita i drugih, ali je veće od nikelina.

**Optičko ponašanje:** Ranije su ovi minerali razmatrani odvojeno, a sada se opisuju zajedno, mada imaju određenih razlika. U odbijenoj svjetlosti karakterišu se velikom količinom odbijene svjetlosti. U poređenju sa galenitom je žuto-bijele boje kao svalerit. U poređenju sa svježim ispoliranim srebrom ima mat-sivu boju. Izotropan je, ali sa ukrštenim Nikolima nikad ne pokazuje potpuno pomračenje. Količina odbijene svjetlosti u vazduhu iznosi 60 %, a u ulju 47 %.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Veći broj skuterudita nema jedinstvenu građu, već se obično sastoji od tri komponente. One su gotovo redovno zonarno raspoređene. Glavna komponenta je izotropna, sasvim otvoreno žuto-bijele boje i svijetlija je od sporednih. Prva sporedna komponenta, je više crvenkasta i količina odbijene svjetlosti u imerziji joj se naglo smanjuje. Pokazuje slabu anizotropiju. Njena tvrdina je veća. Druga sporedna komponenta je žuto-bijela. Njena količina odbijene svjetlosti je manja od količine kod glavne komponente. Ona pokazuje jasnu anizotropiju i vrlo slabu birefleksiju. Posljednja se javlja kao tankopločasta mirmektička kubična masa.

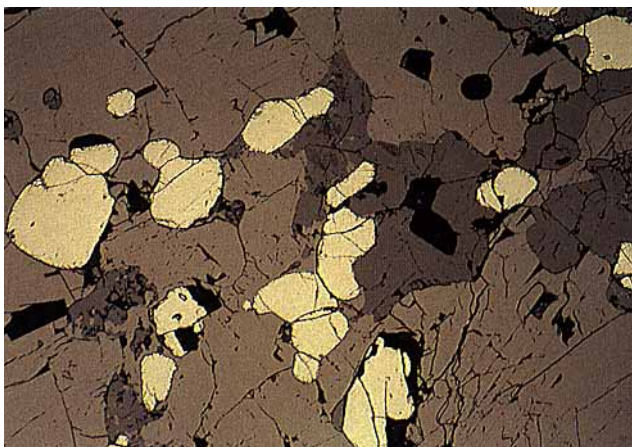
Uzajamni hemijski odnosi ovih triju komponenti još nisu razjašnjeni.

**Identifikacija:** Skuterudit, smaltin i hloantit se mogu lako zamijeniti sa drugim rudama kobalta i nikla. Kobaltin je tvrdi, manje zonaran i ružičaste boje, naročito u imerziji. Mauherit je takođe ružičast, ali mekši. Ulmanit i gersdorfit obično su više žuti i nešto tvrdi. Lineit je jasno ružičast, manje zonaran i mekši, a sreće se u drugoj paragenezi.

**Način pojavljivanja:** Minerali ove grupe isključivo se sreću u hidrotermalnim ležištima, zajedno sa kobaltinom i drugim mineralima Ni, Co i Ag. Neka ležišta su metamorfnog porijekla. U procesu raspadanja stvara se eritrin  $\text{Co}_3\text{AsO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  na račun Ni-skuterudita i hloantita.

**Otkrivanje strukture:** Ovo se postiže koncentrovanom  $\text{HNO}_3$  u vremenu od 5 do 30 sekundi. Pri tome se sporedne komponente nagrizzaju i rastvaraju usljed čega postaju potpuno crne.

#### 5.1.19. MAGNETIT $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ili $(\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$



SI.23. Magnetit i hematit. Skye, Škotska

**Simetrija:** Teseralna, holodrija.

**Hemizam:** Sadrži 31,0 % FeO i 69 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. vrste koje sadrže do 25 % TiO<sub>2</sub> nazivaju se titanomagnetiti; sa nekoliko procenata Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, nazivaju se hrommagnetitima. Osim toga može da sadrži do 10 % MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do 15 % i druge elemente. Pri visokim temperaturama TiO<sub>2</sub> ulazi u sastav magnetita u vidu čvrstih rastora. Magnetit sa većim sadržajem Ni naziva se trevoit.

**Ponašanje pri glačanju:** Poslije pažljivog prethodnog brušenja i obrade, magnetit se glača vrlo dobro. Pretvaranje u martit, jako otežava glačanje. Cjepljivost koja nastaje usljed brušenja rijetko se može opaziti. Tvrdina pri brušenju je velika. Od njega je tvrdi ilmenit, a mekši pirhotin.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti nije velika i iznosi 12 % u vazduhu i 9 % u ulju. Boje je sive sa slabom mrkom primjesom, koja postaje naročito jasna u ulju, i nije podjednake jačine kod svih magnetita. U odnosu na ilmenit, magnetit je znatno svijetliji i manje ružičast, dok je u odnosu na hematit zagasitiji i bez plavo-bijele primjese u boji. Magnetit je potpuno izotropan.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjeje postoji i ono je često lamelarno, ali se usljed izotropije ne može primjetiti, već se mineral mora prethodno napasti i nagristi kiselinom. Ponekad se može ustanoviti i zonarnost. Kod titanomagnetita koji su stvoreni na visokoj temperaturi pojave izdvajanja igraju vrlo značajnu ulogu. Ilmenit se izdvaja u često izvanredno lijepim, gusto raspoređenim lamelama, paralelno kristalografskim pravcima oktaedra kod magnetita. Osim toga pojavljuju se i ilmenitske čestice u obliku kapljica. Istovremeno sa izdvajanjem ilmenita u pojedinim ležištima, pojavljuje se izdvajenje spinela, koji najčešće leže duž kristalografskih pravaca heksaedra. Obje vrste izdvajanja mogu se pojaviti istovremeno u jednom istom zrnu.

Osim toga, ovdje je od značaja, vrlo često, naknadno pretvaranje magnetita u hematit, koji se naziva martitizacija (pretvaranje u martit, vrstu hematita). Ovo pretvaranje počinje na obodu zrna ili duž pukotina. Zapaže se da i ovo pretvaranje ka razvijanju na oktaedrijskim pljosnima, zbog toga možemo naići i na stvaranje orijentisanih uklopaka martita u magnetitu.

Sklop magnetitnih zrna obično je vrlo specifičan, zato nailazimo na ujednačena zrna sa ili bez kristalnog oblika.

**Identifikacija:** U rudama složenog sastava, magnetit se može lako zamijeniti. Hromit ima mnogo manju količinu odbijene svjetlosti i unutrašnje reflekske. Braunit je primjetno anizotropan. Jakobsit ima svojstvenu maslinasto-žutu boju i unutrašnje reflekske u crvenoj boji. Ilmenit je jako anizotropan. Svalerit je prozračniji i to naročito u ulju i pokazuje mnogobrojne unutrašnje reflekske.

**Način pojavljivanja:** Magnetit je jako rasprostranjen mineral u svim tipovima stijena. Nastaje direktno diferencijacijom iz bazične magme. Glavna ležišta magmatskog porijekla su u Švedskoj, Kiruna, zajedno sa apatitom i piroksenom i kontaktno-metasomatsko na Uralu, Gora Magnitaja, Gora Visokaja, Gora Blagodat. Ovdje spada i Kusinsko ležište titano-magnetita, koje sadrži povećan sadržaj vanadjuma. U svim tim ležištima je razvijen proces martitizacije. U pegmatitima se nalazi u asocijaciji sa biotitom, sfenom i drugim mineralima. Javlja se i u kontaktu sa karbonatima pod dejstvom hidrotermalnih i pneumatolitskih procesa, odnosno djelovanjem magmatskih gasova na na karbonatne stijene. Glavni je mineral u kontaktno-metamorfnim stijenama – skarnovima. Stvara se i pri dinamo-metamorfnim procesima, kao i pri procesima

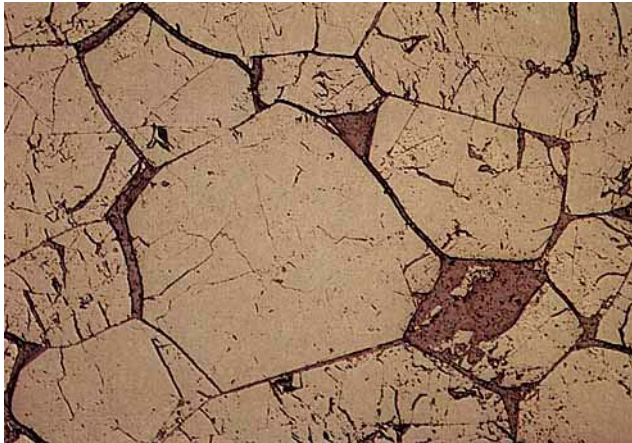
regionalnog metamorfizma, naročito u gnajsevima i mikašistima. Rijetko se nalazi kao hidrotermalni produkt i onda je obično u asocijaciji sa sulfidima. Praktičan značaj imaju magmatska, metamorfna i kontaktno-metamorfna ležišta magnetita. Može biti i egzogenog porijekla, ali samo u izuzetnim slučajevima. U riječnim i marinskim nanosima udružen je sa ilmenitom.

**Otkrivanje strukture:** Strukturno nagrizanje se vrši koncentrovanom HCl u trajanju 2 do 5 sekundi, ili sa HBr.

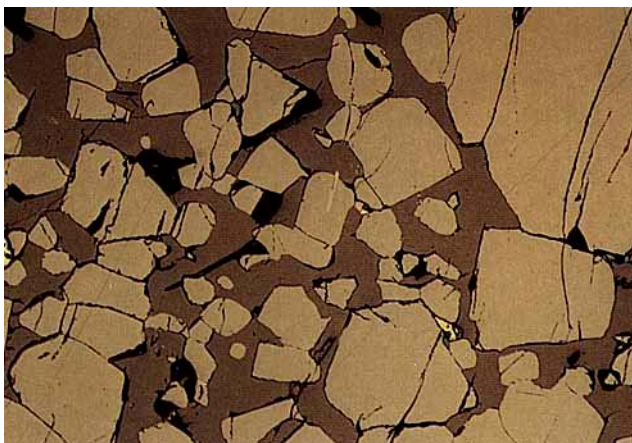
#### 5.1.20. HROMIT $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ili $(\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3)$

**Simetrija:** Teseralna, holoedrijski.

**Hemizam:** Hemijski sastav je jako varijabilan (Tabela XV:) Izomorfan je sa magnetitom i hromitom. Između spinela i hromita s jedne i između hromita i magnetita sa druge strane postoji neprekidan izomorfni niz minerala. ZnS, NiO i CoO prisustvuju u vidu primjesa do 0,2 %.



SI.24. Hromit i tetraedrit. Dyke, Zimbabve



SI.25. Hromit, halkopirit i rutil. Bushweld, JAR



**Ponašanje pri glačanju:** Hromit je vrlo tvrd mineral i sličan hematitu, može se donekle dobro uglačati samo poslije dugog i pažljivog obrađivanja.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala, u vazduhu iznosi 13 %, a u ulju 7 %. Ima karakteristično sivo-bijelu boju sa slabo izraženom mrkom primjesom. Hromit je izotropan i sa ukrštenim Nikolima ostaje potpuno pomračen. U rudama pojedinih nalazišta, u ulju se u velikom broju mogu vidjeti mrki unutrašnji refleksi, koji su u drugima rijetki.

**Tabela XV:** Variranje hemijskog sastava hromita.

Oksid	Sadržaj (%)	Oksid	Sadržaj(%)
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18-62	MgO	do 10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	do 33	TiO <sub>2</sub>	do 2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 – 30	MnO	do 1
FeO	do 18	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	do 0,2

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Gotovo uvijek se javlja u obliku zaobljenih idiomorfih zrna. Blizanci nisu konstatovani.

**Identifikacija:** Za hromit su karakteristične njegova mala količina odbijene svjetlosti, izotropija, velika tvrdoća, razviće zrna, nedostatak mogućnosti nagrizanja, parageneza, tako da je njegova zamjena sa drugim mineralima rijetko.

**Način pojavljivanja:** Postanak mu je vezan uglavnom za ultrabazične, a manje za bazične stijene. Najčešće se javlja u dunitima i u nekim tipovima harzburgita, gdje se često stvaraju značajne koncentracije. Tu je u asocijaciji sa olivinom, rombičnim i monoklinskim piroksenom, magnetitom i nekim mineralima platine. Javlja se i u olivinskim gabrovima, noritima, piroksenitima, pa i gabro-dijabazima i bazaltima, kao i u nanosu. U Bosni i Hercegovini se javlja u Dubošćici kod Vareša i Velika Orahovica na Ozrenu.

**Otkrivanje strukture:** Sva poznata sredstva ne djeluju na hromit.

#### 5.1.21. URANINIT (PEHLEND) UO<sub>2</sub>

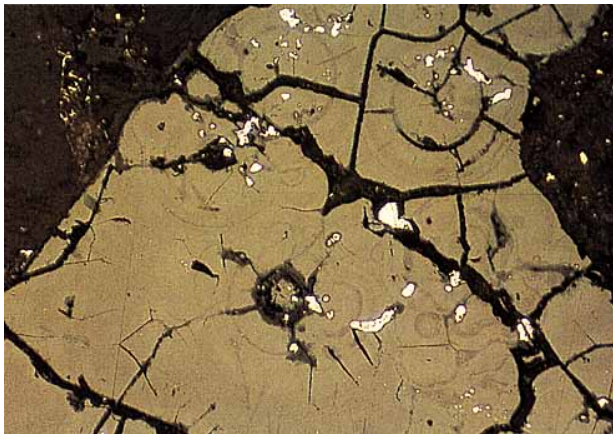


**Sl.26.** Uraninit i pirit. Port radium. Nort West teritioies, Kanada

**Simetrija:** Teseralna, holoedrija.

**Hemizam:** Nepostojanog hemijskog sastava.  $UO_2$  varira od 34,49 do 70,09 %,  $UO_3$  22,69-36,49 %.  $U^{4+}$  može da zamijeni Th (do 14 %), rijetke zemlje (do 15 %), Zr (do 7,6 %), Fe (do 4%). Osim toga uraninit sadrži radioaktivno olovo (do 20 %). Neke vrste uraninita nose posebne nazive, što zavisi od hemijskog sastava koje mogu sadržavati. To su kleveit ili nivenit, koji sadrže rijetke zemlje (Ce, La, Er, Zr), sa sadržajem do 12 %. Od elemenata u gasovitom stanju naleze se He, Ar, N,  $CO_2$  i dr. Skoro je uvijek prisutna voda.

**Ponašanje pri glačanju:** Mogućnost glačanja uraninita je uopšte slaba. Tvrdina pri brušenju mu je velika, mada niže od piritita i kvarca.



SI.27. Uraninit, galenit i halkopirit. Tynebottom mine, Nort Pennines, V. Britanija

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala; kod kristalnih je nešto veća nego onih kod gela, i u ulju se primjetno smanjuje. Kod svježih uzoraka količina odbijene svjetlosti varira od 14 – 21 %, a u ulju se smanjuje u zavisnosti od pravca od 4 – 5 %. Boje je svijetlo-sive, sa slabom mrkom primjesom. Unutrašnji refleksi su tamno-mrke boje, nekad jako izraženi, a nekad se mogu samo slabo primjetiti. Uraninit je izotropan. Ponekad se mogu zapaziti unutrašnji refleksi koji su jako zagasito-mrke boje.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Uraninit se rijetko javlja u kristalnom obliku, već kao mase gela.

**Identifikacija:** Utvrđivanje uraninita nije uvijek jednostavno, pošto ima osobine koje nisu karakteristične. Treba uzeti u obzir strukturu gela, kao i eventualni radioaktivni uticaj na okolne stijene.

**Način pojavljivanja:** Stvara se u pegmatitskim i hidrotermalnim uslovima. Pegmatitska ležišta vezana su za granite i sijenite, gdje se nalazi u asocijaciji sa cirkonom, oksidima Nb i Ta.

U svijetu je poznat u Kanadi (Ontario), Norveškoj, Indiji i Kongu (Katanga). Kao hidrotermalni produkti može biti u asocijaciji sa visokotemperaturnim mineralima (Cornwall), a može biti srednjotemperaturni u asocijaciji sa Co-Ni-Ag-As mineralima (Češka)

**Otkrivanje strukture:** Strukturno nagrizanje se postiže pomoću  $HNO_3$ ,  $FeCl_3$  i nekada pomoću HCl, pri čemu dolazi do pojave slabe mrke boje. Negativne efekte sa KCN,  $HgCl_2$ , KOH.

## 5.2. OPTIČKI ANIZOTROPNI MINERALI

### ČISTO BIJELI

#### 5.2.1. KOBALTIN (CoFe)AsS

**Simetrija:** Teseralno, tetratoedrija.

**Hemizam:** Značajne mogu biti izomorfne zamjene kobalta za Fe (do 22 %), i Ni (do 7%), a u prirodi nije zapažena zamjena arsena i antimona.

**Ponašanje pri glačanju:** Tvrdina kobaltina pri brušenju je vrlo velika, i zato se vrlo loše glača. Kobaltin je mekši od piritita, a tvrdi od smaltina, lelingita i arsenopiritita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 53 % u vazduhu i 42 % u ulju. Boje je bijele sa slabom ružičastom primjesom, koja je naročito jasna uz arsenopirit, smaltin i druge. Upadljivo je bjelji od piritita. Mineral nije izotropan, što bi odgovaralo njegovom spoljnjem kristalnom obliku, već pokazuje paramorfozu po teseralnom mineralu. Sa ukrštenim nikolima, naročito u ulju, može se vidjeti da je izgrađen od slabo anizotropnih lamela ili podijeljenost u posebna polja.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Svi kobaltini su paramorfoze po teseralnoj modifikaciji koja je stabilna na višim temperaturama. Radi toga oni su redovno izgrađeni od sistema rombičnih lamela ili nepravilnih polja. Kobaltini gotovo uvijek pokazuju idiomorfne oblike zrna, ograničene ivicama kristala.

**Identifikacija:** Velika tvrdina, mala sposobnost za glačanje i kristalni oblik pružaju mogućnost zamjene. Moguća je zamjeniti ga sa piritom, kada se radi o malim izdvojenim zrnima. Pri pažljivom posmatranju njegovo razlikovanje od piritita može se ustanoviti po lamelarnoj građi. Arsenopirit ima jasnu anizotropiju. Minerali grupe lineita slični su po boji, ali se bolje glačaju i izotropni su. Boja smaltina i skuterudita je čisto bijela, a tvrdina je mnogo manja.

**Način pojavljivanja:** Kobaltin nastaje obično pri visokim temperaturama. Stoga se on nalazi obično u najnižim dijelovima hidrotermalnih žica, ali se nekada pojavljuje i u žicama koje nastaju na nižoj temperaturi.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se može postići pomoću  $KMnO_4$  sa  $H_2SO_4$ .

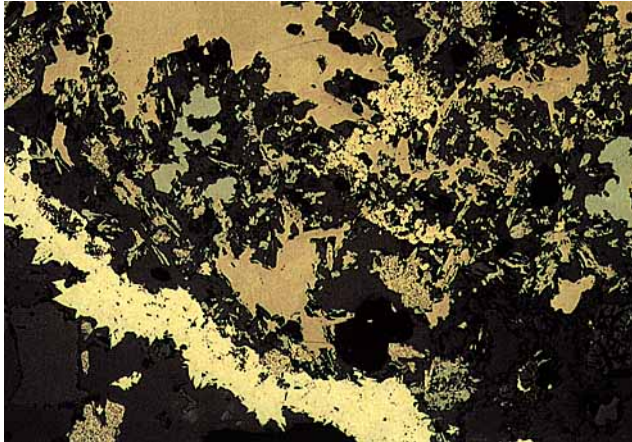
#### 5.2.2. ARGENTIT $Ag_2S$

**Simetrija:** Teseralna, holoedrija, monoklinska.

**Hemizam:** Sadrži 87,1 % Ag i 12,9 % S. Redovno sadrži primjesu Cu, čineći na taj način prelaz ka stromajeritu  $Ag_2S \cdot CuS$ , zatim Pb, Fe i Sb.

**Ponašanje pri glačanju:** Argentit je vrlo mekan mineral, radi čega se u većini slučajeva vrlo loše glača. Njegova površina ostaje jako izgrebana. Tvrdina pri brušenju je vrlo mala. Galenit je puno tvrdi od argentita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je prilično mala i iznosi 33 % u vazduhu i 18 % u ulju. Boje je svijetlo-sive, sa zelenkastom primjesom u boji uz bijele minerale, naročito galenit. Birefleksija je jako slaba i može se samo pri vrlo pažljivom posmatranju zapaziti u ulju. Utisci anizotropije su nešto jasniji. Ogrebotine na površini mogu otežavati posmatranje i dovesti do zabune.



**SI.28.** Argentit, ramelsbergit, pirargirit, saflorit i violarit. Tynebottom mine, Nort Pennines, V. Britanija.



**SI.29.** Alterisani argentit, akantit. Tynebottom mine, Nort Pennines, V. Britanija

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Argentit se pojavljuje u pojedinačnim kristalima ili u zrnastoj formi. Iznad 179°C kristališe teseralano, a ispod 179°C monoklinska modifikacija-akantit. Radi toga se kod argentita, koji nastaju na temperaturi ispod 179°C, zapaža lamelarno bližnjenje. Jedinke bez lamelarnog bližnjenja, obično su postale na temperaturi iznad 179°C.

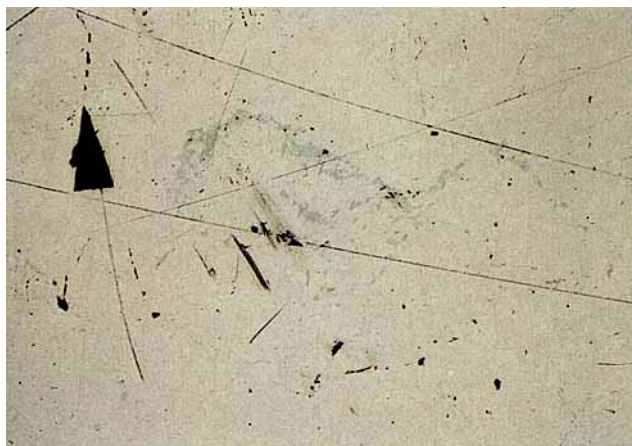
**Identifikacija:** Karakteristične osobine su mala količina odbijene svjetlosti, mala tvrdina i usljed toga pojava izgrebane površine. Na osnovu ovih osobina, ovaj mineral se može lako odrediti. Polibazit na pojedinim presjecima može izgledati sličan, ali se razlikuje po svojim unutrašnjim refleksima. Stromajerit se znatno bolje glača.

**Način pojavljivanja:** Argentit se kao samostalan mineral nalazi u subvulkanskom području, zajedno sa drugim mineralima srebra. U intruzivno-hidrotermalnim žicama, argentit se javlja zajedno sa rudama kobalta i nikla. U istom području on se pojavljuje i kao produkt izdvajanja u galenitu. Najzad argentit postaje sekundarno u cementacionoj zoni rudišta koja su bogata srebrom. Stabilan je na temperaturi od 179-586 °C.



**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje strukture do sada još nije uspjelo. Pri upotrebi jake nezaštićene svjetlosti pomoću svjetlosnog luka, na mineralu se zapažaju promjene koje nastaju od dejstva osvjjetljenja.

### 5.2.3. BURNONIT $\text{CuPbSbS}_3$



SI. 30. Galenit i burnonit. Navan, Irska.



SI.31. Svalerit, burnonit i galenit. Navan, Irska

**Simetrija:** Rombično, holodrijski.

**Hemizam:** Sadrži 13 % Cu, 42,5 % Pb, 24,7 % Sb i 19,8 % S. Antimon u većini slučajeva može biti zamijenjen sa Ag (do 3,18 % Ag), a Cu sa Mn, Zn i Ag. Fe i Bi mogu poticati od mehaničkih primjesa.

**Ponašanje pri glačanju:** Burnonit se glača vrlo dobro. Njegova tvrđina pri brušenju nije velika. Ona je veća od antimonita i galenita, slična tetraedritu, a manja od svalerita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je srednja i manja od galenita. Ona iznosi 30 % u vazduhu i 18 % u ulju. Boje je bijele, sa nježno plavo-zelenom primjesom. Uz galenit ona je nešto tamnija i više zelano-plava, a uz tetraedrit – nešto svijetlija i bez mrke primjese. Birefleksija u vazduhu je slaba, u ulju je nešto jasnija, ali još uvijek

mala. Utisci anizotropije također su vrlo slabi. U ulju oni su nešto jasniji pri jakom osvjetljenju, ali bez upadljivih promjena u boji.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Za burnonit je karakteristično polisintetičko bližnjenje u dva pravca, koje redovno dovodi do pojave parketne strukture. Oblik zrna je poligonalan i zupčast do znatne dubine zrna.

**Identifikacija:** Za burnonit je karakteristično bližnjenje, jer se može zamijeniti sa mnogobrojnim drugim mineralima. Galenit je svijetliji, izotropan je i ima trouglasta udubljenja. Bulanžerit ima igličaste oblike, a nema bližnjenja. Tetraedrit je izotropan. Volfbergit ima slično bližnjenje, ali je tamniji.

**Način pojavljivanja:** Burnonit je široko rasprostranjen mineral u svim hidrotermalnim rudištima koja se razvijaju na nižoj temperaturi, ali redovno samo kao podređeni sastojak udružujući se sa tetraedritom i galenitom.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se može postići sa pušljivom koncentrovanom HBr, rastvorenoj u sirćetnoj kiselini, ili sa rastvorom od 4 cm<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> (specifične mase 1,2), 9 cm<sup>3</sup> HCl (specifične mase 1,19) i 5-12 cm<sup>3</sup> C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH. Prilikom upotrebe posljednjeg sredstva za nagrizanje, pojavljuje se talog koji treba isprati sa (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S.

#### 5.2.4. POLIBAZIT (Ag,Cu)<sub>16</sub>Sb<sub>2</sub>S<sub>11</sub> i PEARCEIT (ARSENOPOLIBAZIT) (Ag,Cu)<sub>16</sub>As<sub>2</sub>S<sub>11</sub>

**Simetrija:** Monoklinski, prizmatska klasa.

**Hemizam:** Sadrži do 75 % Ag. Hemijski sastav je promjenljiv. Dio srebra uvijek je zamijenjen sa Cu, a dio Sb može zamijeniti As. U nekim nalazištima sadrži pomalo Fe i Pb. Polibazit i pearceit su izomorfni.

**Ponašanje pri glačanju:** Oba minerala se glačaju veoma loše i uvijek im površina ostaje jako izgrebana. Tvrdina pri brušenju im je manja od pirargirita i stefanita, a nešto veća od argentita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala, manja od galenita, pirargirita, stefanita i tetraedrita, a vrlo slična argentitu. Ona iznosi 26 % u vazduhu i 15 % u ulju. Boje su sivo-bijele sa nježnom zelenkastom primjesom, koja se naročito jasno vidi uz galenit. Birefleksija je u vazduhu neobično slaba, u ulju je nešto jasnija, ali ipak slaba. Utisci anizotropije su također slabi; u ulju se pokazuju nešto jasnije, mada bez vrlo upadnih ljubičastih boja. Unutrašnji refleksi jasno crvene boje redovno postoje, ali se ne mogu uvijek jasno vidjeti.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjenja nisu zapažena. Minerali se obično pojavljuju u obliku idiomorfni tankih tabličastih kristala, ali se također pojavljuju i u alotriomorfnom obliku.

**Identifikacija:** Karakteristične osobine su; mala tvrdoća, loše glačanje, promjena usljed djelovanja svjetlosti i anizotropija, tako da postoji mala mogućnost njihove zamjene sa drugim mineralima. Polibazit i pearceit se ne mogu razlikovati pod mikroskopom.

**Način pojavljivanja:** Oba minerala su prilično rasprostranjena u subvulkansko-hidrotermalnim ležištima, gdje se pojavljuju u neznatnim količinama; stvaraju se ascendentnim putem, zajedno sa drugim mineralima srebra. Pored toga oni se nalaze i kao descendentne tvorevine u cementacionoj zoni istih rudišta.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se obično postiže, mada slabo, pomoću KCN. Kod svih polibazita može se zapažiti promjena koja nastupa usljed dejstva svjetlosti jakog izvora. Do promjene dolazi mnogo sporije nego kod argentita.

### 5.2.5. REALGAR AsS ili AsS<sub>4</sub>

**Simetrija:** Monoklinski, holoedrija.

**Hemizam:** Sadrži 70,1 % As i 29,9 % S. Karakterističan je po tome što ne sadrži primjese drugih elemenata.

**Ponašanje pri glačanju:** Tvrdina pri brušenju je mala i obično je teško dobiti dobro uglačanu površinu.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i u ulju jako opada. Ona iznosi 26 % u vazduhu i 7,5 % u ulju. Boje je sivo-bijele sa ljubičastom primjesom. Birefleksija je slaba i jedino je vidljiva duž ivica zrna. Žuto-crveni unutrašnji refleksi postoje u velikom broju. Utisci anizotropije su po sebi visoki, ali se zbog mnogobrojnih unutrašnjih refleksa jedva mogu zapaziti.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Struktura zrna je obično alotriomorfna.

**Identifikacija:** Parageneza sa auripigmentom, nepostojana boja i mala tvrdina su mu glavne osobine kod identifikacije. Sličan je cinabaritu, pirargiritu, prustitu i drugim mineralima, ali se od njih razlikuje po ogrebu.

**Način pojavljivanja:** Prilično je rijedak mineral. Nastaje hidrotermalno, niskotemperaturno, kao vrlo kasna tvorevina hidrotermalnih ležišta. Može se također stvoriti i u početnom stupnju raspadanja arsenskih ruda. Javlja se u prizmatičnim kristalima najčešće izdužen duž vertikalne osi, pa su otuda i kristali igličasti.

**Otkrivanje strukture:** Do sada nisu poznata sredstva za otkrivanje strukture.

### 5.2.6. VIRCIT ZnS

**Simetrija:** Heksagonski, piramidska klasa.

**Hemizam:** Po hemijskom sastavu se ne razlikuje od svalerita, a kristališe heksagonski. Sadrži 67 % Zn i 33 % S. Odlikuje se stalnim sadržajem Fe (do 8 %) i Cd (nekad i do 3,6 %). Vještački kristali su hemimorfni, a prirodni vrlo rijetki i nejasni, jako horizontalno crtasti, piramidalnog habitusa, stubičastog ili pločastog.

**Ponašanje pri glačanju:** Vircit se obično vrlo dobro glača, osim nekih izuzetaka, kod kojih se pojavljuju teškoće. Tvrdina odgovara svaleritu.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti u vazduhu je vrlo mala, a u ulju se jako smanjuje. Boja je svijetlo-siva sa plavičastom primjesom, ista kao kod svalerita. Birefleksija se ne može opaziti. Utisci anizotropije su vrlo slabi i pri jakom osvjetljenju se mogu opaziti samo duž ivica zrna. U ulju oni su potpuno prekriveni mnogobrojnim unutrašnjim refleksima.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarnog bližnjenja nema, ali često nailazimo na jasnu zonarnost. Vircit se obično pojavljuje u vidu igličasto-zrakastih masa.

**Identifikacija:** Veći dio primjeraka koji su po zbirkama označeni kao "vircit" su u stvari svalerit, pošto se oba minerala mogu javiti u zrakastim oblicima. Vircit se pojavljuje mnogo rjeđe od svalerita i obično je pomiješan s njim. Ova dva minerala rijetko se mogu razlikovati pod mikroskopom za ispitivanje ruda. To se sigurno može postići jedino u petrografskim preparatima.

**Način pojavljivanja:** Najviše dolazi u hidrotermalnim žilama, a rjeđe u sedimentnim. Javlja se uz svalerit ili raspršen u svaleritu. Ima ga u željezovitim glinama i kontaktno-metamorfnim mermerima. Vircit se taloži iz slabokiselih, a svalerit iz alkalnih rastvora.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću KMnO<sub>4</sub> sa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ili pomoću HJ.

### 5.2.7. BRAUNIT $Mn^{2+}Mn^{3+}SiO_{12}$

**Simetrija:** Tetragonski, holoedrijski.

**Hemizam:** Ranije se ovom mineralu pripisivala formula  $Mn_2O_3$ . Rendgenografskim ispitivanjima utvrđeno je da Si, pa i Fe pripadaju rešetki. Sadrži 11,73 % Mn; 78,34 %  $Mn_2O_3$ ; 9,93 %  $SiO_2$ . Često sadrži Fe i Cu.

**Ponašanje pri glačanju:** Braunit nije najpogodniji za glačanje, ali se poslije pažljive prethodne obrade mogu izraditi dobri preparati. Tvrdina pri brušenju je velika, ali manja od piritita i hematita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti nije velika i iznosi 17 % u vazduhu i 8 % u ulju. Boja je sivo-bijela sa mrkom primjesom, slično magnetitu, manganitu i hausmanitu, ali zagasitija od one kod piroluzita i psilomelana. Birefleksija je vrlo slaba; u ulju nešto jasnija. Isto je i sa uticajem anizotropije, za čije je zapažanje potrebno veliko osvjetljenje. Rijetko se pojavljuju tamno-mrki unutrašnji refleksi.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** blizanci su rijetki. Mase su najčešće zrnaste. Takođe se pojavljuju i idiomorfni kristali.

**Identifikacija:** Raspoznavanje braunita je prilično teško, jer se lako može zamijeniti sa hausmanitom, manganitom, jakopsitom i magnetitom. Hausmanit i manganit su jako anizotropni. Jakopsit i magnetit su izotropni. Osim toga hausmanit ima mnoge blizance, dok braunit vrlo malo. Hausmanit i manganit imaju često unutrašnje refleksije, a braunit vrlo rijetko.

**Način pojavljivanja:** Uslovi postanka braunita još nisu potpuno razjašnjeni. Nalazi se u asocijaciji sa drugim oksidima mangana u hidrotermalnim i sedimentnim tipovima. Nekad se stvara metamorfozom manganskih sedimenata.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže ne sasvim jasno pomoću ključale HCl za 10 sekundi ili pomoću koncentrovane HF za 60 do 100 sekundi.

### 5.2.8. KOLUMBIT (NIOBIT) $(Fe,Mn)Nb_2O_6$ i TANTALIT $(Fe,Mn)Ta_2O_6$

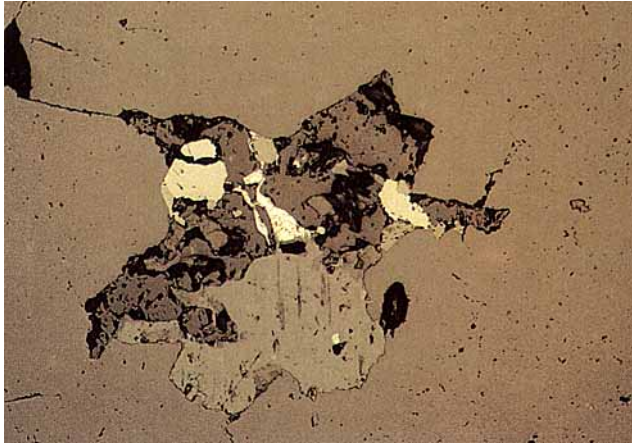
**Simetrija:** Rombična, rompska bipiramidska klasa.

**Hemizam:** Oba minerala su jako nepostojana, jer glavni elementi, Nb kod kolumbita i Ta kod tantalita jako variraju. U njihov sastav ulaze: FeO od 1,89 do 16,25 %, MnO od 1,2 do 16,25 %,  $Nb_2O_5$  od 1,97 do 78,88 %,  $Ta_2O_5$  od 5,56 do 83,57 %. Osim toga sadrže primjese  $(U,Ce)_2O_3$ ;  $(U_2O+UO_3)$ , nekad  $SnO_2$ ,  $WO_3$  i  $TiO_3$ . U mikroskopu ih je nemoguće razlikovati jedan od drugog.

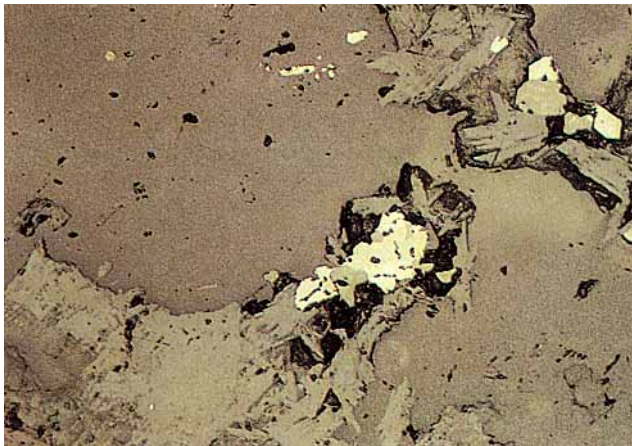
**Ponašanje pri glačanju:** Poslije pažljive prethodne obrade minerali se glačaju sporo, ali dobro. Ponekad se može primjetiti cjepljivost. Tvrdina pri brušenju im je velika i odgovara tvrdini kvarca.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala i iznosi 17 % u vazduhu i 6 % u ulju. Boje je sivo-bijele sa slabom mrkom primjesom, vrlo je slična boji magnetita. Birefleksija je u vazduhu i u ulju vrlo slaba. Utisci anizotropije su takođe slabi; u ulju su jasniji. Unutrašnji refleksi su česti, naročito u ulju. Kod članova koji su bogati tantalom, ovi refleksi su rjeđi i tamno crveno-mrke boje; kod članova koji su bogati niobijumom (kolumbitom), oni su češći; po boji su više crvene do žuto-mrke boje.





**SI.32.** Kolumbit, pirit i cirkon. Ririwai, Nigerija



**SI.33.** Kolumbit, rutil, cirkon i ksenotim. Ririwai, Nigerija

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Minerali obično izgledaju debelostubičasto ili kao stubičasti dobro razvijeni kristali. Jako su radioaktivni. Kolimbit je provodnik elektriciteta.

**Identifikacija:** Kod njih je karakterističan način pojavljivnja i parageneza. Postoji mogućnost njihove zamjene sa volframitom, magnetitom, kasiteritom, uraninitom. Magnetit i uraninit su izotropni. Volframit je vrlo sličan, ali ima jaču birefleksiju i anizotropiju. Kasiterit ima više unutrašnjih refleksa i njegova količina odbijene svjetlosti opada još jače u ulju. Slični su drugim mineralima koji sadrže Nb, Ta i druge radioaktivne elemente

**Način pojavljivanja:** Javljaju se u pegmatitskim žicama u asocijaciji sa albitom, kvarcom, muskovitom, turmalinom, cirkonom, volframitom, kasiteritom, spodumenom, ambligonitom, apatitom i drugim. Poznati su u mnogim pegmatitima u svijetu: SAD, Madagaskar, Švedska, Rusija.

**Otkrivanje strukture:** Do sada nisu poznata sredstva za otkrivanje strukture.

### 5.2.9. VOLFRAMIT (Fe,Mn)WO<sub>4</sub>

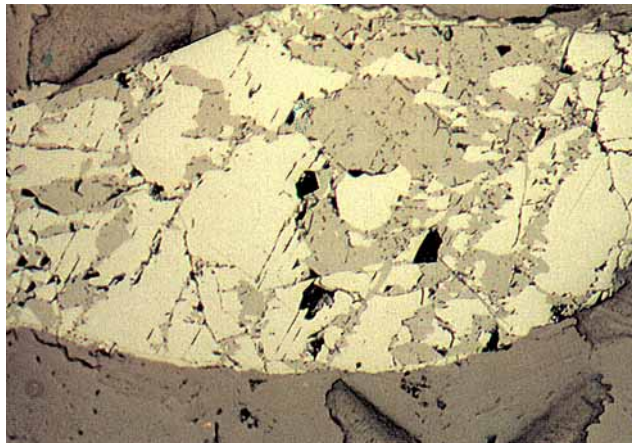
**Simetrija:** Monoklinski, holodrija.

**Hemizam:** Predstavlja izomorfnu smjesu hibernita i ferberita, u kojoj se ove dvije komponente neograničeno mogu zamjenjivati. Takva mješavina predstavlja glavni mineral volframa. Varijeteti koji sadrže Mn manje od 5,9 %, nazivaju se ferberitom, a oni sa većim procentom Mn od 17,6 % do 23,4 % nazivaju se hibernitom. Od primjesa sadrže Nb, Ta, Sn, ponekad Sc, Ca, Mg i Ti.

**Ponašanje pri glačanju:** Volframit se glača vrlo sporo, ali donekle dobro. Cjepljivost se vrlo često može opaziti. Tvrdina pri brušenju je velika: manje od piritu i kasiteritu, a veća od magnetita.



SI.34. Volframit i kasiterit. Glen Gairn, Škotska



SI.35. Volframit i šelit. Glen Gairn, Škotska

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala i iznosi 15 % u vazduhu i 6 % u ulju. Boja je siva do sivo-bijela, vrlo je slična boji svalerita. Za razliku od magnetita, količina odbijene svjetlosti je nešto niža, a u poređenju sa kasiteritom nešto veća. Birefleksija je slaba. Utisci anizotropije su jasni, ali ne i jaki; u vazduhu se mogu bolje

raspoznati nego u ulju. Mrko-crveni do kao krv crveni unutrašnji refleksi mogu se uvijek opaziti u ulju.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Prosti blizanci koji nastaju narašćivanjem su česti, dok lamelarno bližnjenje izostaje. Česta je pojava zonarnosti. Volframit redovno obrazuje debelo-pločaste i idiomorfno razvijene pojedinačne kristale

**Identifikacija:** karakteristične osobine su: slaba mogućnost dobrog glačanja, velika tvrdina, mala anizotropija i najzad parageneza. Magnetit je sličan, ali je izotropan. Hematit je svjetliji, a ilmenit mrk i ima jasnu birefleksiju. Kasiterit je tamniji i ima više unutrašnjih refleksa.

**Način pojavljivanja:** Volframit je izraziti pneumatolitski mineral i stvara se u pneumatolitskoj fazi kada je ova obogaćena lakoisparljivim komponentama kisele magme. U pegmatitskim žicama nalazi se često u kvarcu. Može biti i hidrotermalan i onda je u asocijaciji sa staninom, svaleritom, halkopiritom i drugim mineralima. Kod nižih temperatura stvara se zajedno sa sideritom i galenitom (Harz). U kontaktno-metasomatski promijenjenim krečnjacima, volframit je rjeđi sastojak, koji nema ekonomski značaj, jer se volfram ovdje obično nalazi u šelitu. U nanosima se javlja zajedno sa kasiteritom. U pneumatolitskim ležištima nalazi se u grazeniziranim zonama u asocijaciji sa fluoritom, liskunima, berilom, topazom, kvarcom i drugim mineralima

**Otkrivanje strukture:** Sredstva za nagrizanje ne djeluju na volframit.

## 5.2.10. MALAHIT $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$

**Simetrija:** Monoklinski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 71,9 % CuO i 19,6 % CO<sub>2</sub>, kao i 8,2 % H<sub>2</sub>O. U malim količinama sadrži CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> i dr.

**Ponašanje pri glačanju:** Glača se vrlo dobro. Tvrdina odgovara tvrdini dolomita.

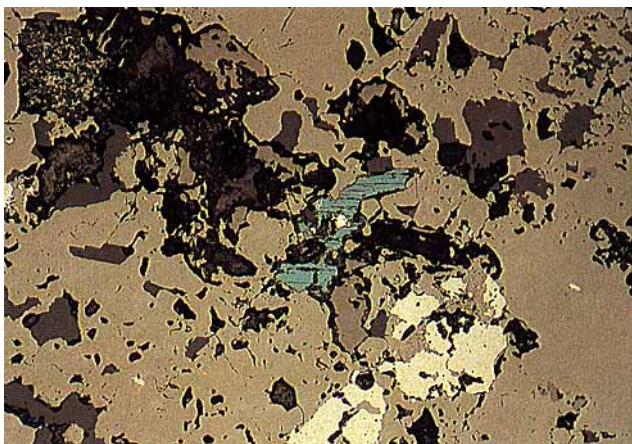
**Optičko ponašanje:** U odbijenoj svjetlosti karakteriše se osnovnom sivom bojom, sa izvjesnim crvenim primjesama. Kao i azurit, karakteriše se malom količinom odbijene svjetlosti, po čemu su oba slična sideritu. Zbog velikog broja unutrašnjih refleksa, utisci anizotropije se ne raspoznaju. Malahit ima više izraženu birefleksiju u odnosu na azurit. Unutrašnji refleksi su karakteristični za oba karbonata bakra. Malahit se odlikuje zelenim unutrašnjim refleksima. Ugao optičkih osi ( $2V=43^\circ$ ) Indeksi loma su:  $N_g=1,909$ ;  $N_m=1,785$ ;  $N_p=1,655$ ;  $N_g-N_p=0,254$ .

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Rijetko se javlja u kristalnim formama, koje su onda najčešće prizmatične, igličaste i vlaknaste. Većinom se javlja u bubrešastim, radijalno vlaknastim i grozdastim agregatima. Blizanci se javljaju po pljosni (110).

**Identifikacija:** Unutrašnji obojeni refleksi otežavaju mogućnost zamjene.

**Način pojavljivanja:** Tipičan sekundarni mineral kao i azurit. Produkt je atmosferskog trošenja primarnih bakarnih sulfida i sulfosoli, npr: halkopirita, tetraedrita i drugih minerala. Može se javiti kao impregnacija u pješčarima.

**Otkrivanje strukture:** Nisu poznata sredstva za strukturno nagrizanje.



SI.36. Magnetit, kovelin, malahit i hematit. Skye, Skotska

### 5.2.11. AZURIT $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$

**Simetrija:** Monoklinski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 2,9 % CuO, 25,6 %  $\text{CO}_2$  i 5,2 %  $\text{H}_2\text{O}$ . Relativno je hemijski čist, bez inkluzija, mada su poznata neka ležišta na Uralu u kojima azurit sadrži samorodno zlato.

**Ponašanje pri glačanju:** Glača se kao i malahit veoma dobro. Imaju sličnu tvrdinu.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti kao i kod malahita je mala. Birefleksija je slabije izražena nego kao kod malahita. Unutrašnji refleksi kod azurita su plavi. Ima nešto veću ugao optičkih osi ( $2V=67^\circ$ );  $N_g=1,838$ ;  $N_m=1,758$ ;  $N_p=1,730$ ;  $N_g-N_p=0,108$ .

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Dolazi u bubrežastim, trakastim i zemljastim agregatima ili se pak javlja kao prevlaka.

**Identifikacija:** Lako se prepoznaje po boji i po asocijaciji minerala sa kojima se javlja. Poznate su i mnoge pseudomorfoze po drugim mineralima, a i azurita po drugim mineralima.

**Način pojavljivanja:** Nastaje na isti način kao i malahit, u gornjim horizontima bakarnih ležišta, na račun oksidacije minerala bakra. U centralnoj Bosni nastaje iz tetraedrita. Skoro redovno dolazi kao pratilac malahita, s tim što se nalazi nešto rjeđe.

**Otkrivanje strukture:** Nisu poznata sredstva za otkrivanje strukture.

### 5.2.12. ANGLEZIT $\text{PbSO}_4$

**Simetrija:** Rombičan, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 73,6 % PbO i 24,6 %  $\text{SO}_4$ . poznate su mu i vrste sa 8,45 % BaO.

**Ponašanje pri glačanju:** Anglezit se glača vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju odgovara tvrdini ceruzita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala, ali je veća od količine kod ostalih žičnih minerala pratioca ruda. Boja je siva. Utisci anizotropije su slabi; birefleksija neprimjetna. U propuštenom svjetlu dvoosan, pozitivan. Indeks loma;  $N_g=1,894$ ;  $N_m=1,882$ ;  $N_p=1,887$ ;  $N_g-N_p=0,017$ . ugao optičkih osi  $75^\circ$ .

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kristali se javljaju u prizmatičnim pločastim i zdepastim masama. Blizanci su mu nepoznati, dok su poznata paralelna srastanja anglezita sa baritom i galenitom.





*Sl.37. Galenit, ceruzit i anglezit. Mount Isa, Australija*

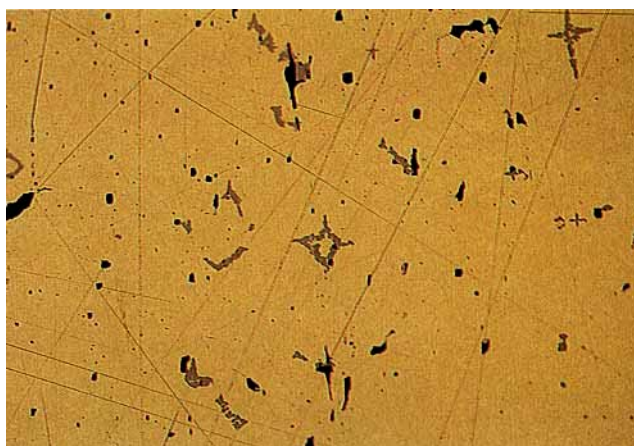
**Identifikacija:** Od ceruzita se razlikuje nedostatkom birefleksije. Sličan je piromorfitu, ali se lako napada kiselinama i ima nešto veću količinu odbijene svjetlosti.

**Način pojavljivanja:** Tipičan egzogeni mineral i nastaje u oksidacionoj zoni olovnih rudišta. Anglezit hidrotermalnog porijekla je izuzetno rijedak. Kao sublimacioni produkt javlja se oko vulkana. Kod nas je poznat u lijepim kristalima kod Ljubije u limonitu.

**Otkrivanje strukture:** Na anglezit ne djeluje ni jedno poznato sredstvo za nagrivanje u toku uobičajenog vremena.

## JASNO OBOJENI

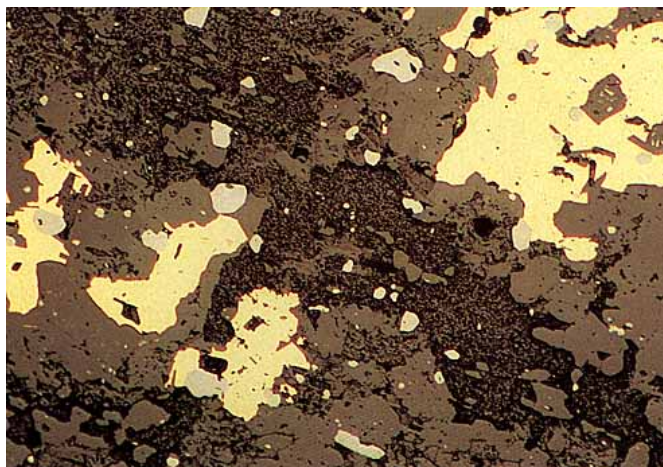
### 5.2.13. HALKOPIRIT $\text{CuFeS}_2$



*Sl. 38. Halkopirit, svalerit i pirit. Jersey, Chanel Island, v. Britanija*

**Simetrija:** Teseralan, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 34,57 % Cu, 30,54 % Fe i 34,9 % S. Kao primjese sadrži Ag, Au, Tl, In i dr.



*Sl.39. Halkopirit i rutil*

**Ponašanje pri glačanju:** Halkopirit se glača lako, dobro i bez ogrebotina. Tvrdina pri brušenju mu nije velika. Znatno je veća od galenita, a manja od svalerita. Cjepljivost se može zapaziti samo na primjercima koji su djelimično raspadnuti.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je srazmjerno velika i iznosi 41 % u vazduhu i 32 % u ulju. Ima jasno-žutu boju koja je uz pirit znatno više žuta, a uz pirit bez mrke primjese. Uz zlato i srebro izgleda bez sjaja i više zelenkasto-žuta. Pri ukrštenim Nikolima izotropija je slabo izražena. Birefleksija je u vazduhu jedva vidljiva, a u ulju – slaba. Njena visina je različita na mineralu iz različitih nalazišta. Utisci anizotropije takođe su slabi, ali se pri dobrom osvjetljenju obično mogu jasno raspoznati. Ponekad se mogu primjetiti i promjene boje.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Halkopirit u masama obično pokazuje ujednačenu zrnastu strukturu. Gotovo uvijek postoje bližnjenja – obično u vidu polisintetičkih lamela. U halkopiritu koji nastaje na višim temperaturama nailazimo na izdvajanja kubanita. Osim toga u takvom halkopiritu se nalaze i sitne svaleritske 'zvjezdice'.

**Identifikacija:** Za halkopirit je karakteristična boja. Ona uglavnom sprečava njegovo zamjenjivanje. Kad se nalazi u vrlo sitnim zrnima i kad ne postoji mogućnost za upoređivanje, halkopirit se može zamijeniti sa zlatom. Pored zlata sličan mu je kubanit, ali je on više mrk i jače anizotropan.

**Način pojavljivanja:** Halkopirit se stvara pri veoma različitim genetskim uslovima. Najbrojnija ležišta su hidrotermalnog porijekla. Javlja se u pegmatitskim, pneumatolitskim i kontaktno-metamorfnim ležištima. Kao egzogeni mineral sedimentnog porijekla javlja se u nekim bakronosnim pješčarima. Nestabilan je u površinskim uslovima i prelazi u različita jedinjenja. Javlja se i u subvulkansko-hidrotermalnim ležištima, ali u malim količinama.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši dosta teško, ali se postiže najčešće na svježe spremljenom rastvoru od 2,5 cm<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> (spec.masa 1,2), 4 cm<sup>3</sup> HCl spec. Masa 1,19), 10 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O i malim količinom KClO<sub>3</sub>. pri upotrebi HNO<sub>3</sub> (spec.masa 1,4) može se izostaviti HCl.

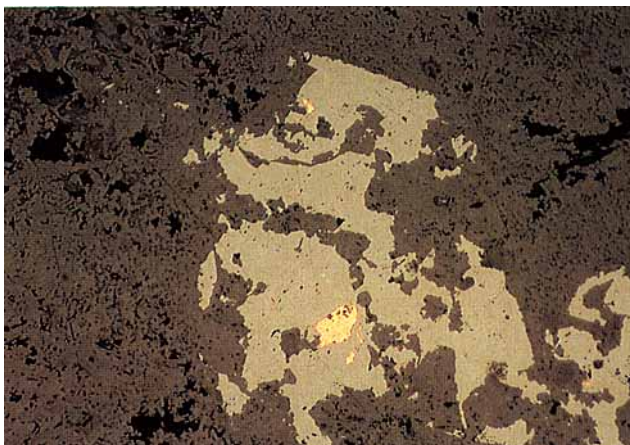
#### 5.2.14. KUPRIT $\text{Cu}_2\text{O}$

**Simetrija:** Teseralan, hemiedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 88,8 % Cu i 11,2 % O. Kao primjese može da sadrži samorodni bakar,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Ponašanje pri glačanju:** Kuprit se obično glača vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju mu je veća od bakra i halkopirita, a manja od lineita.

**Optičko ponašanje:** u odbijenoj svjetlosti se karakteriše bijelom do plavom bojom, koja je u poređenju sa halkopiritom tamnija. Ima srednju količinu odbijene svjetlosti i ona iznosi u vazduhu 23 %, a u ulju 11 %. Pokazuje anizotropiju, iako razlog tome još nije poznat (kristališe teseralno). Unutrašnji refleksi se javljaju u crvenoj boji, koja je jasnija u vazduhu nego u ulju.



Sl.40. Kuprit, malahit i samorodno srebro. Mount Isa, Australija

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kuprit obično obrazuje oktaedarske kristale, ali je ponekad i igličasto razvučen.

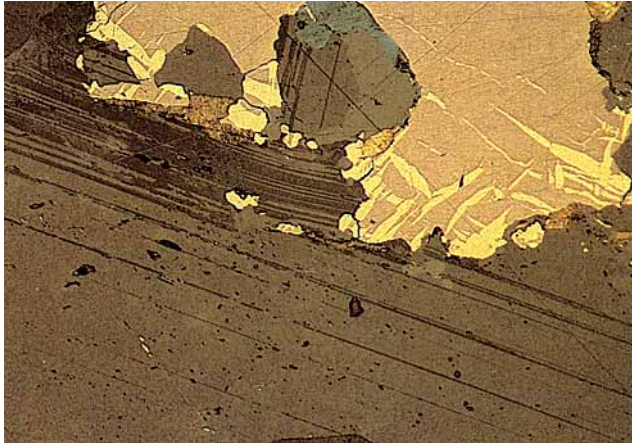
**Identifikacija:** Crveni unutrašnji refleksi, stalna pojava sitnih čestica metalnog bakra, koji ga prate, velika tvrdina i način pojavljivanja su karakteristike kuprita. Prustit mu je sličan, ali je mnogo mekši.

**Način pojavljivanja:** Tipičan egzogeni mineral, koji se stvara na račun sulfida bakra. U uslovima nedostatka kiseonika zajedno sa kupritom se stvara samorodni bakar. Stvara pseudomorfoze po tetraedritu, halkopiritu i drugim sulfidima bakra. Pretvara se u bazične karbonate bakra – malahit i azurit.

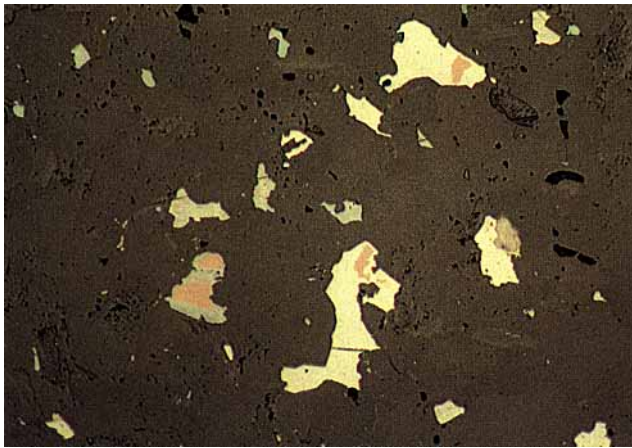
**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže sa razblaženom  $\text{HNO}_3$ .

#### 5.2.15. BORNIT $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$

Bornit je u većini slučajeva u manjoj mjeri anizotropan. Radi toga se ovdje i pominje sa grupom anizotropnih minerala. Po svojoj strukturi pripada teseralnom sistemu, što ga svrstava u grupu izotropnih minerala, gdje je i opisan detaljno.



**SI.41.** *Bornit, halkopirit i valerit*



**SI.42.** *Djurleit, bornit, TiO<sub>2</sub> minerali*



## JAKO ANIZOTROPNI

## ČISTO BIJELI

### 5.2.16. ANTIMON Sb



**Sl.43.** Galenit, halkopirit, srebronosni tetraedrit, burnonit i samorodni antimon.  
Le Puelo Yersey, Chanel Islands, V. Britanija

**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Može se naći u slobodnom stanju, ali je glavna masa uključena u sulfidna jedinjenja.

**Ponašanje pri glačanju:** Antimon se glača vrlo dobro. Njegova tvrdina je veća nego kod bizmuta.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo velika i iznosi 58 % u vazduhu i 57 % u ulju. Boja je bijela sa slabom žutom primjesom. Birefleksija je vrlo slaba. Utisci anizotropije su slabi, u ulju nešto jasniji, ali bez upadljive promjene boje.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjenje je često, ali izostaje u nekim ležištima. Ponekad nailazimo na orijentisana srastanja sa arsenom, koja se nazivaju alemontit.

**Identifikacija:** Količina odbijene svjetlosti je veća nego kod arsena, a manja nego kod bizmuta. Anizotropija je neznatna. Vrlo sličan mu je diskrazit.

**Način pojavljivanja:** Antimon je rijedak, ali je znatno rasprostranjeniji nego što se do skora pretpostavljalo. On se pojavljuje u hidrotermalnim žicama, naročito antimonskim, gdje je izgleda nastao descedentnim putem.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću  $K_2S$  ili  $H_2S_2O_7$ .

### 5.2.17. ARSEN As

**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Redovno je izmiješan sa Sb u različitim omjerima. Sadrži još i do 2,5 % Fe, 4,6 % Ni, 1 % Hg i ponešto Cu, Ag, Au, Mn, Zn, Pb i Bi.

**Ponašanje pri glačanju:** Arsen je pogodan za glačanje.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 50 % u vazduhu i 45 % u ulju. Boje je i u vazduhu i u ulju čisto bijele. Birefleksija je slaba, ali se može raspoznati duž ivica zrna. Utisci anizotropije su vrlo jasni, ali bez znatnih promjena boje. Arsen se na vazduhu brzo i lako presvlači jednom crnom prevlakom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kod arsena imamo vrlo jako lamelarno bližnjenje. Često se javlja ljuspasta gađa.

**Identifikacija:** Za arsen su karakteristični njegovo lako raspadanje na uglučanoj površini u roku od nekoliko dana, kao i nagrivanje sa  $H_2O_2$  i  $K_3Fe(CN)_6$ . Bizmut je svjetliji i mekši.

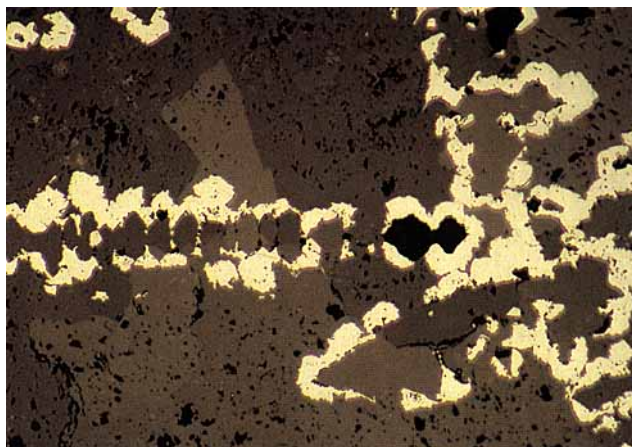
**Način pojavljivanje:** Arsen se sreće kao vrlo kasna tvorevina, koja se stvara na niskim temperaturama u intruzivno-hidrotermalnim i subvulkanskim ležištima.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću 3 %-tnog  $H_2O_2$  ili pomoću  $K_3Fe(CN)_6$

#### 5.2.18. SAFLORIT $(Co,Fe)As_2$ - RAMELSBERGIT $NiAs_2$

**Simetrija:** Rombično, holodrijski.

**Hemizam:** Oba minerala saflorit i ramelsbergitt čine neprekidni niz mješovitih kristala. Uz to se pojavljuje i promjenljiva količina  $FeAs_2$ , tako da postoje i prelazi ka lelingitu.



SI.44. Ramelsbergit. Great bear lake, Kanada

**Ponašanje pri glačanju:** Minerali se poslije duže prethodne obrade glačaju prilično dobro. Tvrdina pri brušenju je srazmjerno velika. Ona je najveća kod članova koji su bogati niklom. Svi članovi ove grupe su tvrdi od nikelina, a mekši od lelingita, arsenopirita i pirita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 52 % u vazduhu i 47 % u ulju. Boja je čisto bijela. Birefleksija je vrlo slaba, u ulju jasnija i zonarno promjenljiva. Uporedo sa "a" je plavo-sivo-bijela, uporedo sa "b" žućkasta, a uporedo sa "c" siva. Utisci anizotropije su vrlo visoki, naročito kod članova bogatih kobaltom. Suprotno tome izvjesni članovi bogati niklom skoro su izotropni. Pri jakoj anizotropiji boje u dijagonalnom položaju su plavo-sive do mastiljavo-plave ili žutomrke do potpuno mrke.



*Sl.45. Uraninit, pirit, halkopirit, saflorit. Tynebotom mine, Nort Pennines V. Britanija*

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bliženje je vrlo karakteristično, naročito kod članova koji su bogati kobaltom. Javljaju se vrlo jedinstveni prodorni blizanci koji se nazivaju "safloritskim zvjezdicama" i izgrađeni su od tri jedinke. One omogućavaju lako određivanje ovog minerala. Zonarnost je uvijek dobro razvijena. Nekada se može raspoznati čak i bez strukturnog nagrizanja.

**Identifikacija:** Karakteristična je bijela boja minerala, kao i njegovo bliženje kada se pojavljuje. Slični su mu minerali grupe lineita, ali su oni izotropni. I mauherit mu je vrlo sličan, ali je skoro potpuno izotropan i ima nježno-ružičastu boju. Arsenopirit je tvrdi, slabije se glača i u poređenju je više žut. Lelingit je teško razlikovati. On je manje zonaran i napada se sa  $\text{HNO}_3$  sporije.

**Način pojavljivanja:** Grupa saflorit-ramelsbergit se prije svega nalazi u intruzivno-hidrotermalnim žicama, zajedno sa drugim mineralima kobalta i nikla. Ovi minerali se međutim mogu naći i u subvulkanskim ležištima.

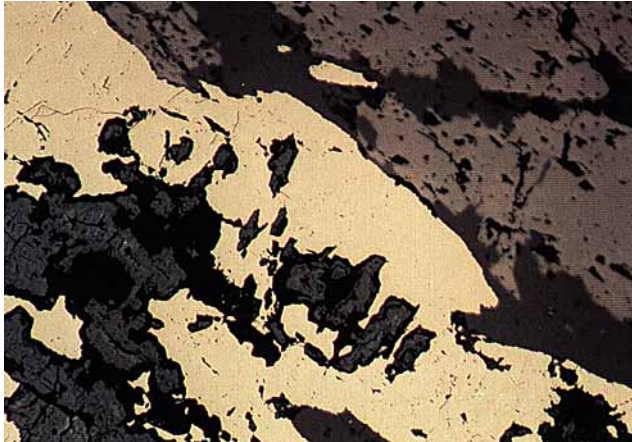
**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću koncentrovane  $\text{HNO}_3$ , nekad već poslije 2-3 sekunde, a nekad tek poslije 15 sekundi.

#### 5.2.19. ARSENOPIRIT $\text{FeAsS}$

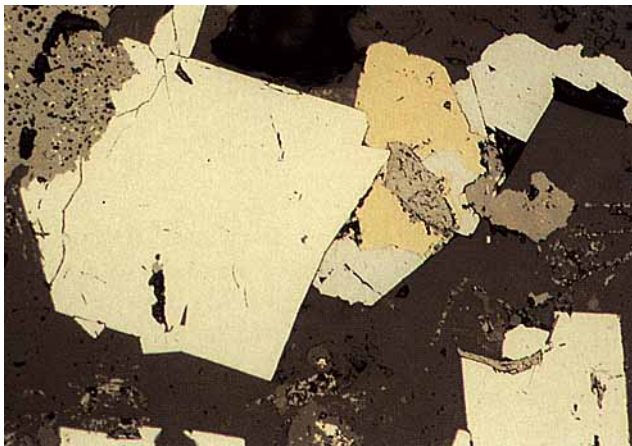
**Simetrija:** Monoklinski, holodrijski.

**Hemizam:** Sadrži 34,3 % Fe, 46 % As i 19,7 % S. Često sadrži Co kao izomorfne primjese. Arsenopirit sa 6-19 % Co naziva se danait, a sa 16-25 % Co glaukodot  $(\text{Co,Fe})\text{AsS}$ . Kao primjese može sadržavati Au, Ag, Cu, Pb, Bi i Sb. Zlato u arsenopiritu može imati praktičan značaj i kreće se od 0,07 %.

**Ponašanje pri glačanju:** Arsenopirit se glača sporo i ne najbolje. On se ne može uglačati bolje od piritu i markasitu. Tvrdina pri brušenju je velika, veća od smaltina, lelingita, pirhotina i magnetita, a manja od piritu i kobaltina.



**SI.46.** Arsenopirit, volframit i kovelin. Cligga Head, Cornwall, V. Britanija



**SI.47.** Arsenopirit, galenit, svalerit, halkopirit, molibdenit i rutil.  
Mount Pleasant, New Brunswick, Kanada

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 49 % u vazduhu i 42 % u ulju. Boja je bijela sa slabo žutom ili žuto-ružičastom primjesom. Ova primjesa u boji se može ustanoviti samo u poređenju sa drugim mineralima. Boja arsenopirita uz galenit je nježno žućkasta, uz pirit jasno bijela, ali malo tamnija, uz lelingit nešto malo više žuta. Birefleksija se može zapaziti već u vazduhu duž ivica zrna; u ulju je jasnija, ali još uvijek slaba. Paralelno sa "a" je bijela sa plavom primjesom, paralelno sa "b" i "c" crvenkasto-žuta. Utisci anizotropije su prilično visoki i sa upadljivim bojama, koje zavise od pravca presjeka kristala. One su u ulju zelene ili ružičasto-mrke boje. Pomračenje nije nikada potpuno.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Postoji bližnjenje, ponekad u vidu lamela. Arsenopirit često pokazuje poprečne idiomorfne rombične presjeke.

**Identifikacija:** Arsenopirit se može zamijeniti sa svim članovima grupe pirit a i markasita, koji odbijaju bijelu boju, za razliku od ovih, arsenopirit se najslabije glača. Lelingit je mekši, više je bijel i brže se nagriza pomoću koncentrovane  $\text{HNO}_3$ . minerali grupe saflorit-ramelsbergit su mekši, više bijeli i bolje se glačaju.

**Način pojavljivanja:** Glavno područje rasprostranjenja arsenopirita vezano je za kasnije pegmatitsko-pneumatolitske tvorevine.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši pomoću alkalnog  $H_2O_2$  ili pomoću rastvora  $KMnO_4$  u vremenu od 10 do 60 sekundi. Mrki talog koji se ovom prilikom stvara može se ukloniti pomoću koncentrovane HCl.

## 5.2.20. LELINGIT FeAs

**Simetrija:** Rombično, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 72,8 % As i 27,18 % Fe. Co i Ni mogu zamijeniti Fe. Sb može zamijeniti znatan dio As. Ponekad Fe zamjenjuje dio As, ili su mjesta As ostala nepopunjena, te se dobije manje As nego što odgovara opštoj formuli. Takvi predstavnici nazivaju se leukopirit. Male količine S mogu se priključiti umjesto As. Površinskim raspadanjem prelazi u skorodit.

**Ponašanje pri glačanju:** Lelingit se glača sporo, ali dobro, bolje od arsenopirita. Tvrdina pri brušenju je manja od arsenopirita, ali veća od saflorita i halkopirita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 53 % u vazduhu i 44 % u ulju. Boja je čisto bijela pored arsenopirita, nešto svijetlija i vrlo slična grupi saflorit-ramelsbergit. Birefleksija je slaba i manja nego kod arsenopirita. U ulju je žućkasto-bijela. Paralelno sa "a" je čisto-bijela, paralelno sa "b" i "c" je žućkasto-bijela. Utisci anizotropije su visoki, jasniji u vazduhu nego u ulju. Boje u dijagonalnom položaju su otvoreno zeleno-žute ili otvoreno plavo-sive. U ulju plavo-bijele ili zagasito mrko-crvene. One se jako mijenjaju sa položajem presjeka kristala.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lelingit pokazuje često idiomorfno rombične presjeke kristala. Prodorno bližnjenje dvije ili tri jedinice pokorava se zakonu bližnjenja po (101). Ova pojava je česta.

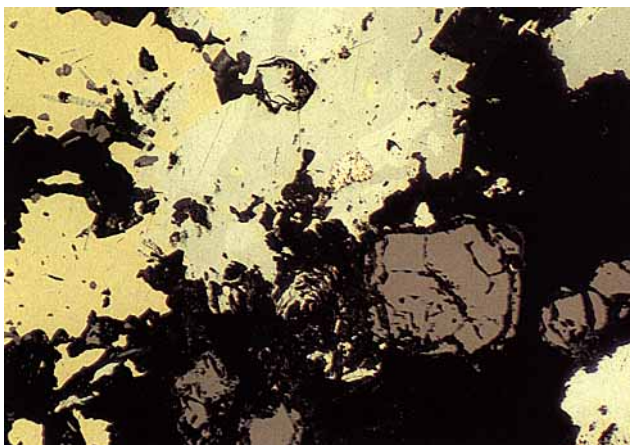
**Identifikacija:** Prepoznati i razlikovati lelingit nije uvijek lako, naročito u odnosu na arsenopirit. Lelingit je više bijel, bolje ugačan i slabije birefleksije. Granica između lelingita i grupe saflorit-ramelsbergit ne može se oštro povući. Na ovu grupu rastvor  $FeCl_3$  djeluje slabo, dok na lelingit uopšte ne djeluje. Prilikom djelovanja sa  $HNO_3$  na grupu saflorit-ramelsbergit, kiselina se boji u zeleno.

**Način pojavljivanja:** Lelingit se pojavljuje rjeđe od arsenopirita. Provlači se kroz vrlo široko područje stvaranja u magmatskom ciklusu. Nalazi se u hidrotermalnim ležištima vrlo različitih grupa, zatim u pneumatolitskim žicama i kontaktno-pneumatolitskim tvorevinama, kao i u produktima najmlađih pegmatitskih faza.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši sa koncentrovanom  $HNO_3$  za 5 do 10 sekundi.



## 5.2.21. BIZMUTINIT $\text{Bi}_2\text{S}_3$



*Sl.48. Bizmutinit, halkopirit, volframit i samorodni bizmut. Viloce, Bolivija*

**Simetrija:** Rombično, holodrijski.

**Hemizam:** Sadrži 81,3 % Bi i 18,7 S. Obično je čist, ali od primjesa u povećanim količinama može sadržavati Pb Cu, nekada Sb, Fe, Se i dr.

**Ponašanje pri glačanju:** Tvrdina bizmutinita pri brušenju je mala, otprilike slična galenitu. Bizmutinit se glača obično vrlo dobro. Kod krupnijih kristala cjepljivost je često jasna, inače je rijetka.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi oko 43 % u vazduhu i 32 % u ulju. Boja je prilično čisto bijela; uz galenit ima nježno-žutu primjesu. Uz antimonit minerala daje utisak 'krem'-boje i malo je svijetliji. Birefleksija je slaba, u ulju nešto jasnija, ali znatno manje nego kod antimonita. Utisci anizotropije su visoki, naročito u ulju. Pomračenje je upravno, ali nije nikada potpuno. U dijagonalnom položaju boje u vazduhu su mrko-maslinaste ili sive ka žuto-mrkom, u ulju otvoreno sivo-plave ili žuto mrke i ljubičasto-mrke.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bliženje kod bizmutinita izostaje, a deformacije se mogu rjeđe opaziti nego kod antimonita. Oblik zrna je različit. Primarne mase su mahom zrakaste pa mogu prekrizacijom postati sekundarno zrakaste.

**Identifikacija:** Bizmutinit se može zamijeniti sa drugim mineralima, a naročito sa nekim sulfosolima, ali je redovno nešto svijetliji od njih.

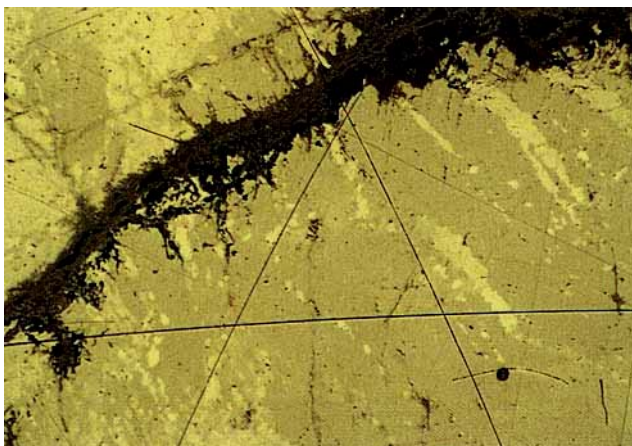
**Način pojavljivanja:** Bizmutinit se prvenstveno nalazi u ležištima koja nastaju na višoj temperaturi. To su pneumatolitska i visoko-hidrotermalna ležišta. Osim toga može se naći i u intruzivno-hidrotermalnim žicama, pražen mineralima kobalta, nikla i urana. U subvulkanskim ležištima bizmutinit je rijedak.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću koncentrovane  $\text{HNO}_3$ .

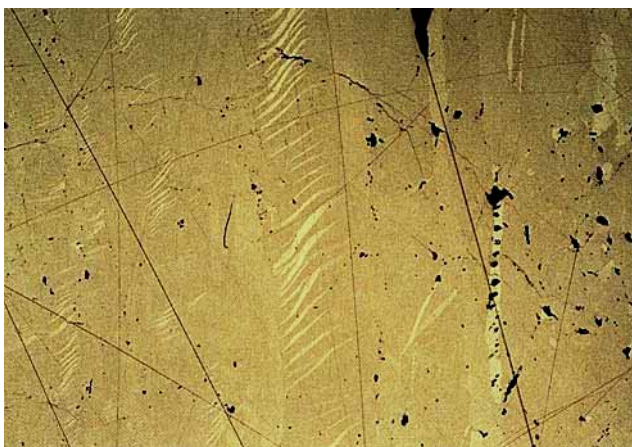
## 5.2.22. ANTIMONIT (STIBNIT) $\text{Sb}_2\text{S}_3$

**Simetrija:** Rombično, holodrijski.

**Hemizam:** Sadrži 71,4 % Sb i 28,6 %. Sadrži male količine As, Pb, Fe, i Cu, a nekad i Ag i Au.



**SI.49.** Antimonit. Nepoznati lokalitet



**SI.50.** Antimonit. Nepoznati lokalitet

**Ponašanje pri glačanju.** Tvrđina antimonita pri brušenju je mala. I pored toga on se uglavnom dobro glača, ali obično ostaju mnogobrojne ogrebotine. Jako deformisane mase mogu ponekad stvoriti teškoće pri glačanju.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi paralelno s "c" osi 42 %, paralelno s "b" osi 38 %, a u ulju paralelno s "c" osi 25 %, paralelno s "b" osi 22 %. Boja je bijela do svijetlo-bijela, paralelno s "c" svijetlo čisto-bijela. Utisci anizotropije su takođe vrlo visoki; boje u dijagonalnom položaju su sivo-bijela, sivo-plava ili mrka do ružičasto-mrka. unutrašnji refleksi se ne uočavaju.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bliženje usljed pritiska i deformacije su neobično često rasprostranjena. Često postoji i "undulatorno" (talasasto) pomračenje. Oblik jedinki obično je zrakast ili igličast.

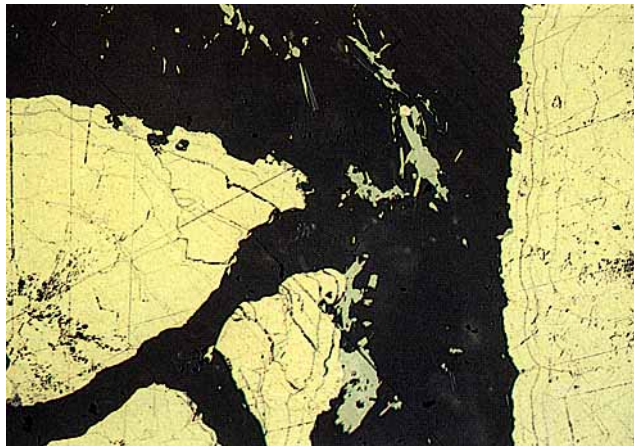
**Identifikacija:** Karakteristične osobine za antimonit su: vrlo visoka birefleksija, visoki utisci anizotropije, mala tvrđina i nagrizanje pomoću koncentrovane KOH. Mogućnost zamjene postoji prije svega sa bertijeritom, džemsonitom, bizmutinitom i burnonitom. Bertijerit je nešto tvrdi. Birefleksija je slična, ali u jednom pravcu više mrka. Boje sa

ukrštenim nikolima su žvlje. Džemsonit ima slabu birefleksiju i anizotropiju i nema savijenih bliznih lamela. Bizmutinit ima veću količinu odbijene svjetlosti i u poređenju boje, jednu nježno-žutu primjesu. Anizotropija i birefleksija su slabije, cjepljivost je jasnija, nagrivanje sa koncentrovanom KOH ne uspijeva. Burnonit jedva pokazuje birefleksiju. On je manje anizotropan; takođe ga ne napada koncentrovana KOH.

**Način pojavljivanja:** Antimonit je izraziti mineral hidrotermalnih ležišta. On se stvara već na srazmjerno visokoj temperaturi u intruzivno-hidrotermalnim žicama sa zlatom, ali je najviše rasprostranjen u poznom hidrotermalnom području i prije svega u subvulkanskim tvorevinama.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže koncentrovanom KOH u vremenu od 1 do 3 sekunde. Ovom prilikom često se otkriva cjepljivost nastala nagrivanjem po (010).

### 5.2.23. DŽEMSONIT $Pb_4FeSbS_{11}$



Sl.51. Pirit, džemsonit i galenit

**Simetrija:** Monoklinski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 40,16 % Pb, 2,71 % Fe, 35,3 % Sb i 27,3 % S. Sadržaj Fe može biti do 10 %, a od primjesa prisustvuju Cu, Zn, Ag. Varijetet koji ne sadrži Fe naziva se plumozit.

**Ponašanje pri glačanju:** Džemsonit se glača lako i vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju mu je mala, niža od galenita. Cjepljivost se može često vidjeti.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti nije velika, u vazduhu iznosi 29 %, a u ulju 24 %. Boja je slična galenitu, ali je kod nekih presjeka pri poređenju nešto zelenkasta. Birefleksija je jasna, u ulju nešto pojačana. Paralelno s "c" osi je bijela sa nježno žuto-zelenom primjesom. Paralelno s "b" je sivo-žuto-zelena, paralelno s "a" zagasito-žuto-zelena do maslinasta. Utisci anizotropije su i u vazduhu i u ulju visoki i sa vrlo različitim promjenama boja; od bijelo-žute do čokoladno-mrke ili bijelo-sive sa jakom zeleno-plavom primjesom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Džemsonit se skoro isključivo javlja u vidu vrlo finih igličastih kristala ili u zrakastim masama.



**Identifikacija:** Glavna karakteristika je igličast oblik. Džemsonit može lako biti zamijenjen sa antimonitom i bulanžeritom. Antimonit ima jaču birefleksiju i jače utiske anizotropije. Bulanžerit pri birefleksiji pokazuje druge primjese u boji.

**Način pojavljivanja:** Džemsonit se javlja u hidrotermalnim žicama, naročito u prelaznom području između intruzivnih i subvulkanskih ležišta.

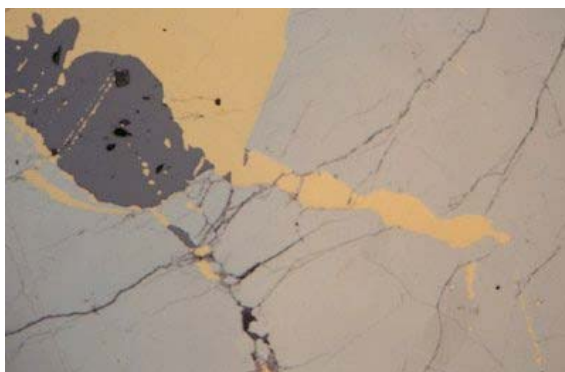
**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže sa  $\text{HNO}_3$ .

#### 5.2.24. BULANŽERIT $\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$

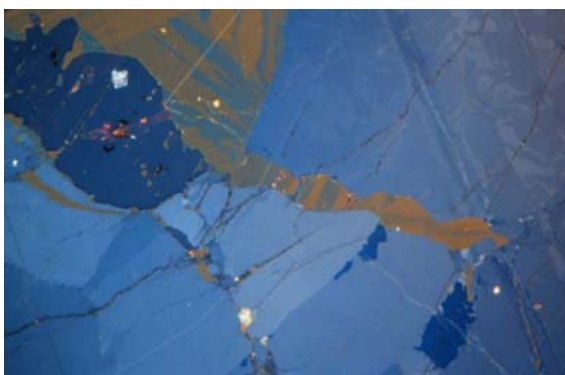
**Simetrija:** Monoklinski, holoedrija.

**Hemizam:** Sadrži 55,4 % Pb, 25,7 % Sb, 18,9 % S. Sastav mu ne odgovara uvijek formuli. Može sadržavati primjese Cu (1 %), Fe, Zn, Hg i As.

**Ponašanje pri glačanju:** Bulanžerit se obično vrlo dobro glača. Tvrdina pri brušenju je vrlo slična galenitu.



SI.52. Bulanžerit, paralelni Nikoli



SI.53. Bulanžerit, ukršteni Nikoli

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 35 % u vazduhu i 22 % u ulju. Boja je svijetlo-bijela; pored vrlo sličnog galenita ima jednu plavo-zelenu primjesu. Primjesa u boji jasnije se vidi u ulju. Birefleksija je slaba, jasnija je u ulju. Paralelno s "a" osi je zeleno-siva, paralelno s "b" osi je bijelo-siva i paralelno s "c" osi plavo-bijela sa zelenkastom primjesom. Utisci anizotropije su jasni, naročito u ulju.

Pomračuje se uzdužno. Boje u dijagonalnom položaju kod bulanžerita su sivo-žute i svijetlo sivo-plave.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Izostaje lamelarno bližnjenje. Mineral obično ima prtkaste, igličaste i pločaste oblike.

**Identifikacija:** Bulanžerit se može lako previdjeti i zamijeniti, naročito ako se javlja u sitnim zrnima. Galenit je izotropan. Džemsonit mu je vrlo sličan, ali ima veću birefleksiju u vazduhu. Burnonit je više zrnast i redovno ima lamelarno bližnjenje. Osim toga birefleksija i anizotropija su mu slabije. Antimonit ima mnogo veću birefleksiju, krupnija zrna i nagriza ga KOH.

**Način pojavljivanja:** Bulanžerit nije tako čest mineral. Javlja se uz galenit u žicama koje nastaju na nižoj temperaturi.

**Otkrivanje strukture:** Teško ga je razlikovati od drugih sufloantimonida Pb, osim hemijskih i rendgenskih ispitivanja.

#### 5.2.25. MOLIBDENIT $\text{MoS}_2$



SI.54. Molibdenit. Henderson mine, Kolorado, USA



SI. 55. Molibdenit, JerseyChanel Islands, V. Britanija

**Simetrija:** Heksagonski holodrijski.

**Hemizam:** Sadrži 60 % Mo i 40 % S. Od primjesa se javlja Re (do 0,33 %), kojeg sadrži najviše u odnosu na druge sulfide. Sadržaj Re je različit za različite temperaturne nivoe stvaranja molibdenita.

**Ponašanje pri glačanju:** Uslijed male tvrdine i pojava translacije, molibdenit se obično može vrlo slabo uglačati, pogotovu u prisustvu tvrdih minerala. Cjepljivost koja nastaje prilikom brušenja po (0001) skoro uvijek je vidljiva. Tvrdina pri brušenju mu je znatno veća od tvrdine pri paranju.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti prilično je velika i iznosi za običan (ordinaran) zrak ("o") 32 % u vazduhu i 24 % u ulju, a za neobičan (ekstraordinaran) zrak ("e") 18 % u vazduhu i sampo 6 % u ulju. Birefleksija je vrlo visoka, naročito u ulju. Boja je ("o") čisto bijela, u ulju samo bijela. Boja za ("e") je sivo-bijela, u ulju zagasitosa sa primjesom plave boje koja se sreće kod škrljaca. Utisci anizotropije su takođe vrlo visoki, ali bez znatnih promjena boje. Pri vrlo malom okretanju jednog Nikola, pojavljuje se potpuno plava boja. Unutrašnji refleksi se ne mogu raspoznati.



**Sl.56.** Molibdenit. Jersey Chanel Island, V. Britanija

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Deformacije su skoro redovne i ne izostaju gotovo nikada. Molibdenit se obično pojavljuje u vidu tankih izvijenih tablica.

**Identifikacija:** Birefleksija, anizotropija, cjepljivost, mala tvrdina i parageneza su vrlo karakteristični. Grafit je tamniji, u položaju koji manje odbija svjetlost.

**Način pojavljivanja:** Javlja se kao hidrotermalni produkt, genetski vezan za kisele stijene ganite i granodiorite. U ovim se stijenama nalazi u kvarcnim žicama, u asocijaciji sa piritom i halkopiritom. Često se u takvim žicama ne nalaze nikakvi drugi minerali osim pirita. Kao važna ležišta molibdenita smatraju se pegmatitsko-pneumatolitska, kao i kontaktno-metamorfna ležišta. U oksidacionoj zoni, na račun molibdenita, stvara se pauvelit  $\text{CaMoO}_4$ . po nekim autorima može biti i sedimentnog porijekla.

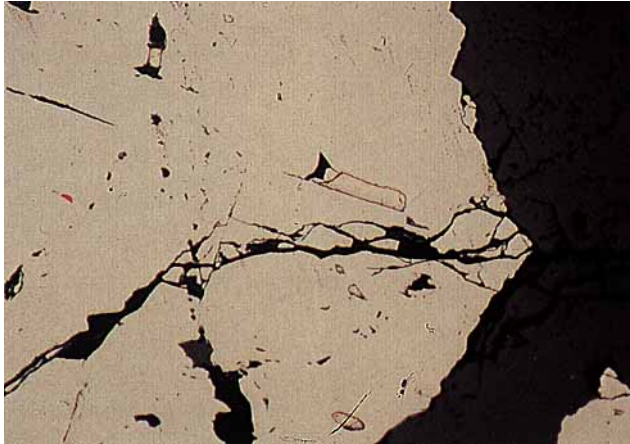
**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje strukture nije potrebno uslijed znatnih optičkih pojava.

## SLABO OBOJENI

### 5.2.26. BIZMUT Bi

**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Bizmut je uglavnom čist, obično sadrži tragove Fe, S, As, Sb.



SI.57. Arsenopirit i samородni bizmut. Cornawal, V. Britanija

**Ponašanje pri glačanju:** Bizmut se glača dosta dobro. U prisustvu tvrdih minerala ostaje uvijek izgreban. Njegova tvrdina je vrlo mala.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo velika i iznosi 62 % u vazduhu i 51 % u ulju. Boja je sjajno-bijela sa 'krem' primjesom, ali poslije izvjesnog vremena postaje žuta sa crvenkastom primjesom, prevlačeći uglačanu površinu minerala. Birefleksija je vrlo slaba. Utisci anizotropije su jasni; u ulju upadljiviji.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Obično postoji lamelarno bližnjenje. Oblik zrna je najčešće okruglast i duž ivica jako zupčast.

**Identifikacija:** Karakteristična je velika količina odbijene svjetlosti, mala tvrdina i lamelarna građa. Slični su mu srebro, antimonit i diskrazit.

**Način pojavljivanja:** Bizmut je prilično rasprostranjen i nalazi se u ležištima koja se stvaraju na visokim temperaturama, bez obzira što sam ima nisku tačku topljenja (269°C). Najviše je rasprostranjen u pegmatitsko-pneumatolitskim pojavama. Osim toga nalazi se i u intruzivno-hidrotermalnim žicama, praćen mineralima kobalta, nikla i urana.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću koncentrovane HNO<sub>3</sub>.

### 5.2.27. SILVANIT (Ag,Au)Te<sub>2</sub>

**Simetrija:** Monoklinski, holoedrijski.

**Hemizam:** Promjenjivog hemijskog sastava. Sadrži 25 do 27 % Au i 11 do 13 % Ag.

**Ponašanje pri glačanju:** Mineral se sam po sebi dobro glača, ali na glačanje utiču minerali koji ga prate. Tvrdina pri brušenju je vrlo mala, niža od svalerita

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je prilično visoka i iznosi 48 % u vazduhu i 40 % u ulju. Boja je 'krem'-bijela. Uz galenit i nađagit je svijetliji, a uz kalaverit – tamniji. Birefleksija je dosta jasna, naročito u ulju. Njene boje su otvoreno 'krem'-bijela



do 'krem'-mrka. Utisci anizotropije su visoki. Presjeci se nikada ne pomračuju potpuno i redovno imaju prljavo-sivo-mrku boju. U dijagonalnom položaju boje su bijelo-ružičaste i otvoreno sivo-bijele.

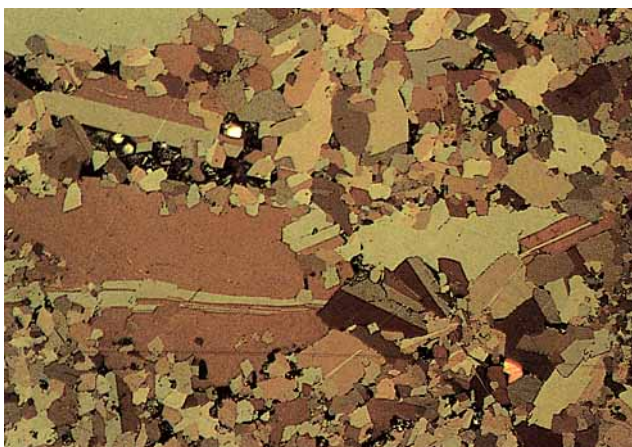
**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Silvanit ima uvijek jasno vidljivo polisintetičko bližnjenje. Često se sreću kristalni skeleti. Silvanit uvijek pokazuje težnju ka idiomorfnom razvitku.

**Identifikacija:** Silvanit se od drugih telurida zlata razlikuje po svojoj birefleksiji, anizotropiji i polisintetičkom bližnjenju. Nađagit je tamniji, tanko-tabličast i jasne cjepljivosti.

**Način pojavljivanja:** Silvanit je glavna ruda zlata u subvulkansko-hidrotermalnim ležištima zlata, srebra i telura. U neznatnim količinama on se nalazi i u intruzivno-hidrotermalnim zlatonosnim žicama.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši pomoću  $\text{HNO}_3$ , pri tome napadnuta površina dobija mrku boju. Napadom se razvija cjepljivost po (010).

## 5.2.28. MARKASIT $\text{FeS}_2$



Sl.58. Markasit. Ashover, South Pennines, V. Britanija

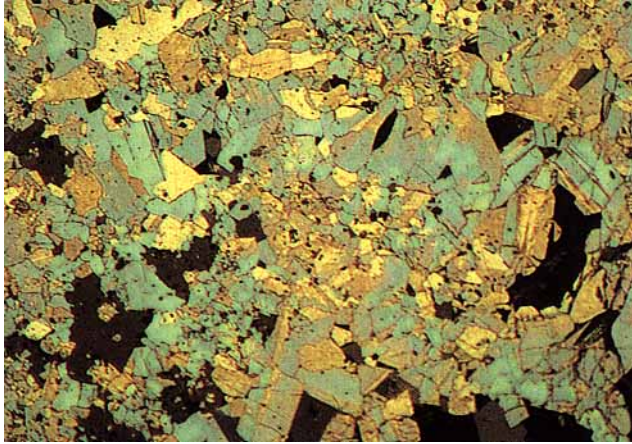
**Simetrija:** Rombično, holodrijski.

**Hemizam:** Polimorfna modifikacija pirit. Zapažene su samo izmjene do nekoliko desetinki postotka Sb, As, Bi, Ni, Co, Cu i Tl. Povišene koncentracije As i Tl mogu biti i zonarno raspoređene.

**Ponašanje pri glačanju:** Markasit se glača teško isto kao i pirit. Cjepljivost pri brušenju može se nekad zapaziti u zonama koje se nalaze u početku raspadanja. Tvrdina pri brušenju je visoka; obično je veća od svih drugih minerala koji ga prate. Ona je različita u različitim pravcima.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 45 % u vazduhu i 39 % u ulju. Boja je žuto-bijela sa ružičastom ili zeleno-žutom primjesom. U neposrednom poređenju sa piritom, boja je više bijela i svjetlija sa jasnom zelenom primjesom; uz arsenopirit, ona je jasno zeleno-žuta. Birefleksija je slaba, a u ulju se može jasno raspoznati. Boje u ulju su paralelno sa "a" osi bijela sa hrđa-mrkom primjesom, paralelno sa "b" i "c" osi žuta sa zelenom primjesom. Utisci anizotropije su vrlo visoki i

sa jako upadljivim promjenama u boji, koje se jako razlikuju u vazduhu i ulju. Imaju žute plavičasto-sive i svijetlo-zelene boje.



*Sl.59. Markasit, pirit i svalerit. Ashover, South Pennines, V. Britanija*

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bliženje je skoro redovno, tako česta je i zonarnost. Obično se pojavljuje u vidu kora i bubrežstih masa, u kojima je često zrakasto raspoređen. U ovim tvorevinama markasit i pirit obično su izmiješani. Zrnaste pojave su rjeđe.

**Identifikacija:** Za markasit je karakteristična njegova velika količina odbijene svjetlosti, jasni utisci anizotropije i slaba mogućnost za dobro glačanje. Markasit se može zamijeniti sa arsenopiritom, a u sitnozrnim masama i sa piritom. Arsenopirit je čisto bijel, dok je pirit više žut i obično izotropan.

**Način pojavljivanja:** Markasit nastaje isključivo na niskoj temperaturi i iz kiselih rastvora. On se obično javlja kao najmlađa ascendentna tvorevina u hidrotermalnim žicama i ležištima. Markasit se često nalazi u sedimentnim ležištima, kao rudištima koja se stvaraju u sumpornom ciklusu, a takođe i u području zone raspadanja sulfidnih rudišta. U ovom posljednjem on predstavlja samo prelazni oblik raspadanja u području dubinskih podzemnih voda.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću  $\text{KMnO}_4$  sa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ili pomoću elektrolitičkog nagrizanja sa  $\text{HCl}$  ili  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### 5.2.29. POLIANIT-PIROLUZIT $\text{MnO}_2$

**Simetrija:** Tetragonski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 63,2 % Mn i 36,8 % O. U kristalnim agregatima sadrži obično  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . Sadrži brojne elemente koji su samo apsorbirani na sitnim česticama piroluzita. Među ostalima utvršeni su: Na, K, Ca, Al, P, Si, S, Fe.

**Ponašanje pri glačanju:** Minerali se glačaju vrlo različito; to zavisi od oblika u kome se javljaju. Ugláčanost je obično slaba. Perparat je najčešće potrebno impregnirati. Tvrdine pri brušenju su vrlo različite, one zavise od vrste.

**Optičko ponašanje:** Različite vrste manganskih oksida pod mikroskopom se vrlo teško razlikuju. Različita imena minerala uglavnom predstavljaju samo nazive za pojedine

oblike razvića jedne iste hemijske materije. Pod mikroskopom na osnovu pojavljivanja mogu razlikovati dvije vrste:

-Polianit, grubo-kristalaste mase i pojedinačne kristale i

-Piroluzit, sitnozrnaste do jako-disperzne mase, takođe polijanita.

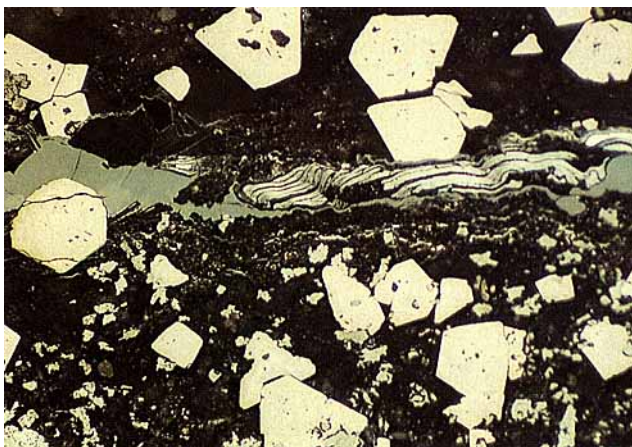
**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 33 % u vazduhu i 20 % u ulju. Ona je veća od svih ostalih manganskih minerala. Boja je bijela sa jasnom žutom primjesom. Uz hematit svježi presjeci minerali mangana izgledaju svijetliji i bez plavičaste primjese; uz limonit su znatno svijetliji. Birefleksija je jasna; u ulju-vrlo jasna, ali se kod svih primjeraka ne može podjednako dobro zapaziti. Utisci anizotropije su jasni, ali se kod svih primjeraka ne može podjednako dobro zapaziti. Utisci anizotropije su jasni, sivo-žuti i otvoreno sivo-narandžasti, a u ulju visoki, žuto-ružičasti i sivi u dijagonalnom položaju. Boje su pri vrlo malom okretanju jednoga Nikola vrlo osjetljive i promjenjive. U jako sitnozrnim masama ne može se zapaziti anizotropija. Sklop zrna je vrlo različit. Često postoje i oblici gela.

**Identifikacija:** Za razliku od ostalih minerala mangana, psilomelana, manganita i hausmanita, količina odbijene svjetlosti je upadljivo veća, inače su razlike malo karakteristične.

**Način pojavljivanja:** Polianit-piroluzit su jako rasprostranjeni minerali mangana i imaju veliki praktični značaj. Oni se nalaze samo u sedimentnom području, djelimično u zoni raspadanja, a djelimično u marinsko-sedimentnim ležištima.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se može postići pomoću zasićenog rastvora  $\text{SnCl}_2$  ili pomoću  $\text{H}_2\text{O}_2$  sa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### 5.2.30. PSILOMELAN $\text{BaMn}^{2+}\text{Mn}^{4+}\text{O}_{20}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$



Sl.60. Magnetit, limonit i psilomelan. Harlechdome, vels, V. Britanija

**Simetrija:** Monoklinski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 12-17 % Ba, 60-80 %  $\text{MnO}_2$ , 8-25 % MnO, 4-6 %  $\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{Mn}^{4+}$  može biti zamijenjen sa  $\text{Mn}^{2+}$  u odnosu 1 : 9, a i sa W, Fe, Al, V.  $\text{Mn}^{2+}$  sa Mg, Co, Cu. Ba može biti zamijenjen sa Ca, U, Sr i Na. Voda u njemu ima karakter zeolitske vode, koja se da izdvojiti na temperaturi od 500°C.

**Ponašanje pri glačanju:** Polira se uglavnom loše i različito zavisno od hemijskog sastava, kao i od pratećih minerala. Obično se vrši učvršćivanje sa šelakom ili 'epoksi-smolom'. Tvrdina pri brušenju je mala, tako da u prisustvu tvrdih minerala ostaje udubljen.

**Optičko ponašanje:** Svi psilomelani su iskristalisali gel manganskih oksida sa promjenjivim hemijskim sastavom. Rendgenska i mikroskopska ispitivanja su pokazala da se psilomelani sastoje od dva do tri kristalna sastojka, čiji sastavi još nisu definirani pojedinačno. Sastojak I ima najkрупnija zrna, veliku količinu odbijene svjetlosti i jasnu anizotropiju. On je istovjetan sa piroluzitom. Sastojak II je najčešći i najviše rasprostranjen i vjerovatno je pravi psilomelan. On obrazuje fine vlaknaste mase. Sastojak III je najmanje rasprostranjen. On je sitno-zrnast, porozan i obično ograničen na pojedine zone. Ona obrazuje srazmjerno debele ploče.

Sastojak II je pravi psilomelan ima umjerenu količinu odbijene svjetlosti, koja je manja od piroluzita. Boja je sivo-bijela bez žute primjese. Količina odbijene svjetlosti više se smanjuje u ulju, nego kod piroluzita. Birefleksija je visoka. Ona je najsvjetlija paralelno s osi vlakana – gotovo bijele boje. Pri posmatranju upravno na vlakna, ona je znatno zartvorenija – mutno-sive boje. Utisci anizotropije su visoki.

Količina odbijene svjetlosti sastojka III u ulju se još više smanjuje, nego kod sastojka II, a naročito za neobičan (ekstraordinaran) zrak ("e"). Birefleksija je vrlo visoka, a takođe i utisci anizotropije. Međutim kod sastojka II ovi posljednji ne pokazuju upadljivu promjenu boja.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Javlja se u agregatima koji su ispunjeni vodom, koncentrično zonalne strukture, kao i u vidu dendrita.

**Identifikacija:** Psilomelan ima redovno jasno izražene strukture gela. On se može zamijeniti sa limonitom koji ima istu strukturu. Za razliku, kod limonita srećemo uvijek mnogobrojne žute do mrke unutrašnje refleksije.

**Način pojavljivanja:** Psilomelan nastaje isključivo pri površinskim uslovima postanka. On se nalazi u području raspadanja minerala koji sadrže mangan i kao talog plitkih mora. On se gotovo uvijek pojavljuje zajedno sa piroluzitom i polianitom

**Otkrivanje strukture:** Nagrizanje se može vršiti pomoću HCl, ali ga je moguće razlikovati jedino mikrohemijskim reakcijama.

### 5.2.31. PIRARGIRIT $Ag_3SbS_3$ i PRUSTIT $Ag_3AsS_3$

**Simetrija:** Heksagonski, hemimofija.

**Hemizam:** Ovoj grupi pripada veći broj minerala koji predstavljaju sulfosoli Ag. Najvažniji među njima su pirargirit i prustit. Sadržaj osnovnih elemenata prikazan je u tabeli XVI:

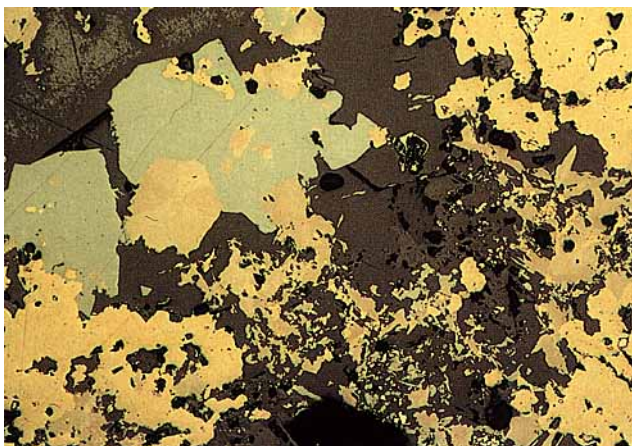
**Tabela XVI:** Sadržaj osnovnih elemenata

Hemijski sastav	Ag	Sb	As	S
Pirargirit	65,4	22,91	-	19,4
Prustit	59,97	-	15,2	17,82

Često sadrže Fe, Co i Pb, kao mehaničke primjese.



**Ponašanje pri glačanju:** Oba mineral se glačaju vrlo dobro, ali u prisustvu vrlo tvrdih minerala ostaju u udubljenju. Tvrdina pri brušenju im je vrlo mala, veća od argentita, nešto veća od polibazita, a manja od stefanita.



*Sl.61. Halkopirit, pirargirit, argentit, akantit i pirit. Tynebottom minr, Nort Pennines, V. Britanija*

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi u vazduhu paralelno s osi "a" 27 %, paralelno s osi "b" 22 %, u ulju paralelno s osi "a" 17 %, paralelno s osi "b" 12 %. Boja je sivobijela sa slabom plavom primjesom. Prustit, u neposrdnom poređenju sa pirargiritom ima nešto jaču plavu primjesu, dok pirargirit tada izgleda slabe "krem" boje. Birefleksija je jasna, u ulju – prilično jaka. Utisci anizotropije su visoki, ali se u ulju mogu samo slabo raspoznati, zbog mnogobrojnih unutrašnjih refleksa. Boje pri dijagonalnom položaju u vazduhu su žućkasto-bijele i sivo-plave boje.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Oba mineral pojavljuju se kao zrnaste mase ili pojedinačni kristali.

**Identifikacija:** Pod mikroskopom nema sigurnog znaka za razlikovanje ova dva minerala. Prustit se pojavljuje dosta rijetko. Sigurno razlikovanje, pri poređenju, pruža jedino mnogo svijetlija boja prustita. Kod prustita su i unutrašnji refleksi mnogo češći. Mogućnost zamjene oba minerala postoji sa: miargiritom, polibazitom i drugim rijetkim mineralima srebra. Polibazit se glača slabije, ima mutniju boju bez plave primjese i obično pokazuje nagrizanje pod djelovanjem svjetlosti.

**Način pojavljivanja:** Pirargirit je kao kasna tvorevina, prilično rasprostranjen u hidrotermalnim žicama, ali se obično nalazi u sasvim neznatnim količinama. Mjestimično se mogu naći i veća nagomilanja ovog minerala, koja dovode do znatnog obogaćenja rude srebrom; ova nagomilanja su ograničenog prostranstva. Pirargirit se nalazi i u cementacionoj zoni, gdje se stvara kako ascendentnim, tako i descendentnim putem. Prustit se pojavljuje rjeđe od pirargirita. On se stvarno nalazi u istim ležištima, ali samo na mjestima gdje se količine antimona jako smanjuju u odnosu na povećanje količine arsena.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši pomoću HJ. Djelovanjem svjetlosti na preparat može se opaziti samo sasvim nejasno.

### 5.2.32. KERMEZIT $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$

**Simetrija:** Trikliniski, holoedrija.

**Hemizam:** Sadrži 74,95 % Sb.

**Ponašanje pri glačanju:** Površina je slabo izgrebana. Cjepljivost se takođe može opaziti i u preparatu. Tvrdina pri brušenju je vrlo mala.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena, slično pirargiritu. Birefleksija je jasna, svjetlija paralelno sa izduženim pravcem kristala; sivo-mrka sa maslinastom primjesom – upravo na ovaj pravac. Utisci anizotropije su živi, boje su ljubičaste i plavo-zelene. Unutrašnji refleksi su vrlo česti, oni su tamno-crveni sa primjesom u ljubičastoj boji.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kermezit se obično pojavljuje u obliku igličastih kristala ili radijalno-zrakastih masa.

**Identifikacija:** Slični su mu prustit i pirargirit, ali količina odbijene svjetlosti kremezita u ulju je manja. Osim toga karakteristična je vlaknasta struktura kremezita.

**Način pojavljivanja:** Kermezit je redovno samo prelazni oblik raspadanja antimonita, radi čega se nalazi udružen s njim. Prema literaturnim podacima kermezit se može stvoriti i prilikom jamskih miniranja.

**Otkrivanje strukture:** Dobri efekti se postižu pomoću  $\text{HNO}_3$ , kada se javlja slabo korasto obojenje. Djelovanjem sa KCN javlja se slabo zamućenje.

### 5.2.33. AURIPIGMENT $\text{As}_2\text{S}_3$

**Simetrija:** Monokliniski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 60,96 % As i 39,49 % S. Vrlo je čist.

**Ponašanje pri glačanju:** Auripigment se glača dobro, ali ne bez ogrebotina. Tvrdina pri brušenju mu je veća nego kod realgara.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi u vazduhu paralelno s "a" osi 20 %, a paralelno s "b" osi 18 %; u ulju paralelno s "a" osi 15 %, a s "b" osi 7 %. Boja je svijetlo-bijela do sivo-bijela. Birefleksija je vrlo visoka. Utisci anizotropije se obično ne mogu opaziti radi mnogobrojnih unutrašnjih refleksa bijele do žute boje.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Auripigment obično obrazuje igličaste ili tabličaste kristale.

**Identifikacija:** Tvrdina, birefleksija, unutrašnji refleksi i parageneza, ne dopuštaju mogućnost zamjene sa drugim mineralima.

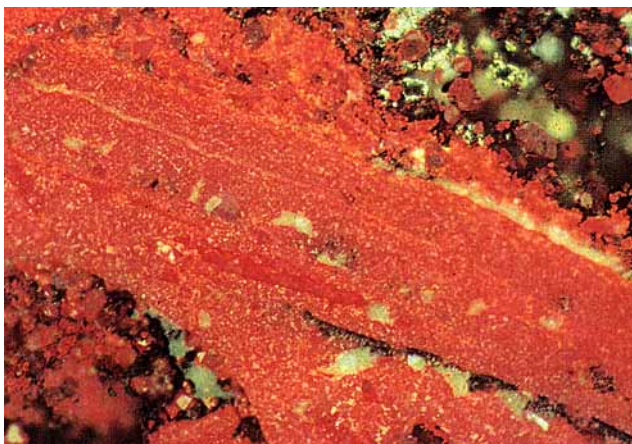
**Način pojavljivanja:** Auripigment je kao i realgar, kasna tvorevina u hidrotermalnim žicama, a može se stvarati i u području raspadanja arsenikih minerala. Realgar se pod dejstvom svjetlosti polako pretvara u auripigment.

**Otkrivanje strukture:** Dobri efekti se postižu sa KCN i KOH.

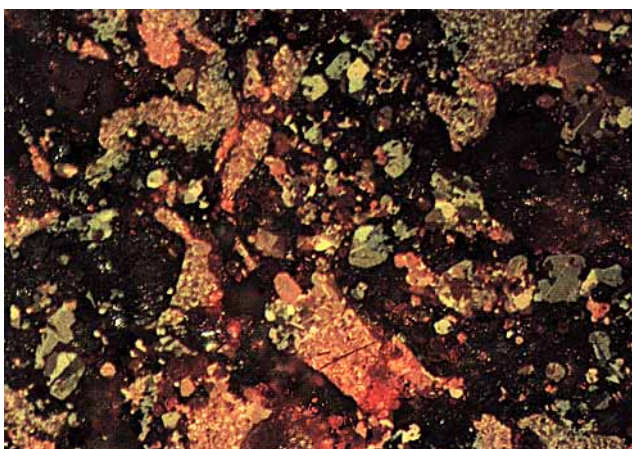
### 5.2.34. CINABARIT (RUMENICA) $\text{HgS}$

**Simetrija:** Heksagonski, trapezoedrijska tetratoedrija.

**Hemizam:** Sadrži 86,21 % Hg i 13,79 % S. Prisustvo drugih elemenata se objašnjava time da su vezani kao mehaničke primjese. Mogućnost izomornog zamjenjivanja Hg sa drugim elementima nije do sada dokazana. Može sadržavati bitumena i Cu.



**SI.62.** Cinabarit. Mont Amiata, Italija



**SI.63.** Cinabarit i pirit, Mont Amiata, Italija

**Ponašanje pri glačanju:** Cinabarit se glača vrlo dobro, ali u prisustvu tvrdih minerala vrlo slabo. Tvrđina pri brušenju je vrlo mala.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi 25 % u vazduhu i 10 % u ulju. Boja je bijela do plavičasto bijela. Birefleksija je vrlo slaba, u ulju nešto jasnija. Boja je siva i žuto-zeleno-bijela. Utisci anizotropije su visoki, ali se ne mogu vidjeti usljed mnogobrojnih crvenih unutrašnjih refleksa.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Cinabarit se obično javlja u zrnastim i jedrim masama, a često i u pojedinačnim kristalima.

**Identifikacija:** Karakteristični su mnogobrojni sjajno-crveni unutrašnji refleksi. Postoji mogućnost zamjene sa prustitom, kupritom i sitnim hematitskim masama. Kuprit je tvrdi i ima u ulju plavo-zelenu primjesu. Hematit je tvrdi, ima više bijelu boju.

**Način pojavljivanja:** Cinabarit se nalazi skoro isključivo kao tvorevina niskih temperatura u hidrotermalnim žicama raznih vrsta. Može se stvoriti i pri raspadanju tetradrita koji su bogati živom, gdje predstavljaju prelazni oblik u toku raspadanja.

**Otkrivanje strukture:** Sredstvo za otkrivanje strukture nije poznato.

### 5.2.35. LORANDIT $\text{TlAsS}_2$

**Simetrija:** Monoklinski, prizmatska klasa

**Hemizam:** Sulfid talijuma

**Ponašanje pri glačanju:** Lorandit se glača dobro. Tvrdina je mala. Cjepljivost se može jasno raspoznati.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti nije velika, iznosi 23 % u vazduhu i 12 % u ulju. Lorandit je svijetliji od realgara; ima sivo-bijelu boju sa plavičastom primjesom. Birefleksija je slaba. Utisci anizotropije su jaki, ali prekriveni mnogobrojnim crvenim unutrašnjim refleksima.

**Način pojavljivanja:** Lorandit je vrlo rijedak mineral i do sada je poznat samo iz Alšara u Makedoniji.

### 5.2.36. STEFANIT $\text{Ag}_5\text{SbS}_4$

**Simetrija:** Rombično, piramidalna klasa.

**Hemizam:** Sadrži 68,3 % sulfida srebra

**Ponašanje pri glačanju:** Stefanit se u poređenju sa drugim sličnim mineralima srebra, glača lako i dobro i bez ogrebotina. Tvrdina pri brušenju mu je veća od argentita i polibazita, nešto veća od pirargirita, a manja od tetraedrita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i nešto veća nego kod argentita, a manja nego kod galenita. Boja je bijelo-siva, sa nježnom ružičastom primjesom, koja se u poređenju sa argentitom pokazuje kao ljubičasta. Birefleksija je slaba; u ulju nešto jasnija. Boja je bijela do bijelo-ružičasta. Utisci anizotropije su visoki, naročito u ulju i pri jakom osvjetljenju. Unutrašnji refleksi izostaju. Dejstvo svjetlosti može se opaziti, ali sasvim nejasno.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bliženje je rasprostranjeno, ono je često lamelarno.

**Identifikacija:** Postoji mogućnost njegove zamjene prvenstveno sa drugim mineralima srebra; stromajeritom, pirargiritom i miargiritom. Stromajerit ima blizance. Pirargirit i miargirit imaju unutrašnje reflekse. Argentit i polibazit se slabije glačaju i imaju više ogrebotina.

**Način pojavljivanja:** Stefanit je jako rasprostranjen kao vrlo podređeni sastojak naročito u subvulkansko-hidrotermalnim žicama, naročito u pratnji minerala kobalta i nikla.

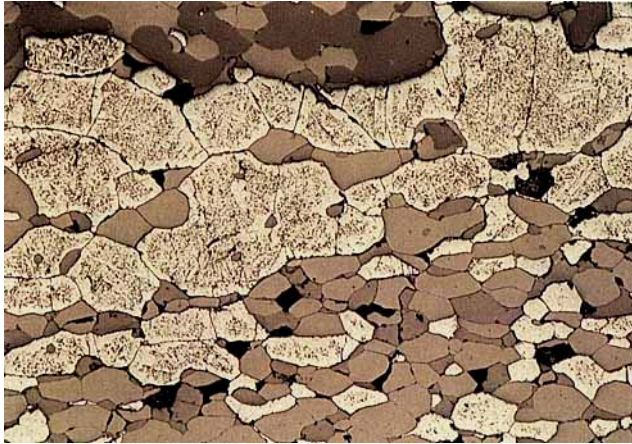
**Otkrivanje strukture:** Vršiti se pomoću KCN, kada se javlja crna prevlaka. Sa  $\text{FeCl}_3$  javlja se tamna skrampa.

### 5.2.37. HEMATIT $\text{Fe}_2\text{O}_3$

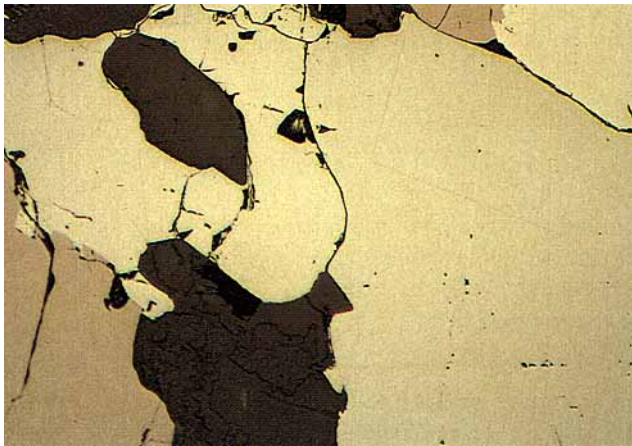
**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 70 % Fe i 30 % O, kao i primjese Ti (titanohematit), Mg, a u neznatnim količinama i vode (hidrohematit). Osim  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , u prirodi postoji i  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  maghemit.





**Sl.64.** Hematit. Little Broken hill, Australija



**Sl.65.** Hematit i magnetit. Skye, Škotska

**Ponašanje pri glačanju:** Hematit se glača vrlo loše. Cjepljivost pri brušenju se može obično primjetiti kod većine jedinki. Tvrdina pri brušenju mu je veća nego kod magnetita i ilmenita, slična je piritu, a manja od kasiterita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je srazmjerno velika za jedan mineral iz grupe oksida. Ona iznosi 25 % u vazduhu i 14 % u ulju. Ne upoređujući ga s drugim mineralima, hematit ima čisto bijelu boju. U poređenju sa sulfidima, u boji se zapaža plavičasta primjesa. U poređenju sa magnetitom, boja izgleda čisto bijela. Birefleksija je vrlo slaba, u ulju nešto jasnija. Za ordinaran (običan) zrak ("o") boja je bijela, za extraordinaran (neobičan) ("e") – sivo-plava. Utisci anizotropije su jasni, naročito u ulju. Boje u dijagonalnom položaju su maslinasto-sivo-plave i mrkasto-žute. U velikom broju mogu se zapaziti jasno crveni unutrašnji refleksi.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Hematit redovno pokazuje tabličast oblik kristala, koji se mogu razviti ili debelo ili tankopločasto. Grubo lamelarno bližnjenje je često, naročito kod krupnokristalastih masa. Ono može nastati bilo usljed raščćenja, bilo usljed pritiska. Hematit često nastaje pretvaranjem iz magnetita. Pretvaranje počinje duž ivice ili se

razvija duž oktaedarskih pljosni magnetita, tako da se često sreću orijentisana srastanja. Pretvaranje se naziva marmatizacijom.

**Identifikacija:** Dovoljno sigurne karakteristike za hematit su njegova velika tvrdina, loše glačanje, anizotropija; u poređenju sa sulfidima-njegova plavičasta primjesa u bijeloj boji i unutrašnji refleksi. Usljed toga postoji malo mogućnosti za njegovu zamjenu sa drugim mineralima.

**Način pojavljivanja:** Hematit je široko rasprostranjen mineral i ima veliku oblast postanka, naročito u magmatskom području. U sedimentnom području stvara se samo izuzetno. Nalazi se često i u metamorfnom području.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši pomoću koncentrovane HF u vremenu 1 do 2 minute.

### 5.2.38. GRAFIT C

**Simetrija:** Heksagonski, holodrijski

**Hemizam:** Polimorfna modifikacija ugljenika. Rijetko je čist. Obično sadrži 10-20 %  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , FeO, MgO,  $\text{H}_2\text{O}$ . Neki podaci ukazuju na prisustvo CaO,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , CuO i bitumija. Varijeteti su šungit i grafitit.

**Ponašanje pri glačanju:** Grafit se obično glača vrlo slabo, naročito usljed lake translacije po baznom pinakoidu (0001). Tvrdina pri brušenju mu je veća nego kod paranja.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je prema položaju i presjeku kristala vrlo promjenljiva. Ona iznosi: za običan zrak ("o") 24 % u vazduhu i 16 % u ulju, a samo 5 % u vazduhu i 2 % u ulju za neobičan zrak ("e"). Boja je, za običan zrak u vazduhu bijelo-siva, u ulju nešto malo izmijenjena. Boja za neobičan zrak je u vazduhu plavo-siva, u ulju mnogo tamnija. Usljed toga birefleksija je izvanredno visoka. Utisci anizotropije takođe su vrlo jasni. U dijagonalnom položaju boja je svijetlo-mrko-žuta.



SI.66. Grafit. Strontian, Škotska

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Skoro uvijek se mogu zapaziti savijanja, deformacije i translacije. Oblik zrna je uvijek tabličast.

**Identifikacija:** Karakteristična je vrlo visoka birefleksija. Sličan je molibdenitu, ali je kod molibdenita veća količina odbijene svjetlosti, naročito u ulju.

**Način pojavljivanja:** Grafit se nalazi uglavnom u kontaktno-pneumatolitskim i metamorfnim ležištima. Pored toga grafit se kao primarna tvorevina nalazi i u pegmatitima. Grafit ne izostaje ni u izvjesnim sulfidnim masama, koje nastaju izdvajanjem iz magme. Redovno nastaje na visokim temperaturama.

**Otkrivanje strukture:** Grafit se ponaša negativno prema svim sredstvima za nagrizanje.

### 5.2.39. RUTIL $\text{TiO}_2$

**Simetrija:** Tetragonski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 60,00 % Ti i 40 % O. Međutim u prirodnom rutilu uvijek ima primjesa Fe, Sn, Nb, i Ta. Vrste rutila bogate sa Fe nazivaju se nigrinom.

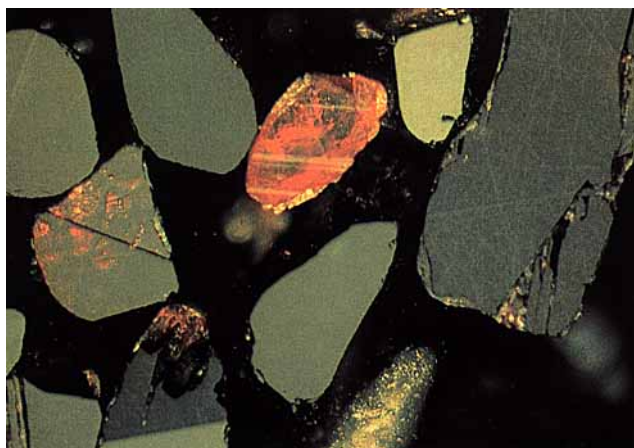
**Ponašanje pri glačanju:** Rutil se uglavnom glača vrlo dobro. Prilikom brušenja često se može zapaziti cjepljivost. Tvrdina pri brušenju je velika, slična piritu i hematitu.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi 18 % u vazduhu i 7 % u ulju. Boja je svijetlo-siva, izgleda svijetlija nego kod magnetita, ilmenita i hromita. Birefleksija jasnija samo u ulju. Utisci anizotropije su i u vazduhu i u ulju jasni, ali bez naročite promjene boja. Unutrašnji refleksi mogu se opaziti prije svega u ulju. Njihova boja zavisi od sadržaja gvožđa i mijenja se od svijetlo-žute do tamno-mrke.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje postoji gotovo uvijek. Često se pojavljuju kolomorfni kristalni oblici.

**Identifikacija:** Karakteristični su velika tvrdina, unutrašnji refleksi, lamelarno bližnjenje i otpornost prema nagrizanju. Kasiterit se glača slabije i ima manju količinu odbijene svjetlosti. Ilmenit rjeđe pokazuje unutrašnje reflekse.

**Način pojavljivanja:** Rutil se nalazi u manjim količinama u ležištima različitih vrsta. On često predstavlja hidrotermalno izmijenjeni ilmenit.



SI.67. Rutil. Richardebay, JAR



SI.68. Rutil i cirkon. Jos Plateau, Nigerija

**Otkrivanje strukture:** Rutil se ponaša negativno prema svim sredstvima za nagrizanje.

#### 5.2.40. HIDROKSIDI GVOŽĐA

**Hemizam:** Za mnogobrojne hidrokside gvožđa, koji se međusobno razlikuju samo po sadržaju vode, ranije je postojao veliki broj naziva. Rendgenografska ispitivanja pokazala su dva tačno utvrđena minerala – hidroksida gvožđa, koji imaju sastav:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Oni se nazivaju:

-Igličasta gvozdene ruda ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Mineral limonit se najvećim dijelom sastoji od igličaste gvozdene rude.

-Rubinski liskun ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

Objе modifikacije kristališu rompski.

#### 5.2.41. RUBINSKI LISKUN $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

**Ponašanje pri glačanju:** Sposobnost za glačanje rubinskog liskuna, kao i igličaste gvozdene rude, vrlo je različita i zavisi od veličine zrna. Veće jedinice bruse se uglavnom dobro. Tvrdina pri brušenju rubinskog liskuna je nešto manja nego kod igličaste gvozdene rude.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je nešto veća nego kod igličaste gvozdene rude i iznosi 17 % u vazduhu i 6 % u ulju. Boja je u odnosu na igličastu gvozdenu rudu više bijela; više je slična hematitu. U neposrednom poređenju sa hematitom boja mu je više mutna. Pri posmatranju u ulju, kod rubinskog liskuna se pojavljuje jedna zelenkasta primjesa u boji. Birefleksija je i u vazduhu i u ulju znatno jasnija nego kod igličaste gvozdene rude. Ona je paralelno s "a" osi plavičasto-bijela i slična hematitu, paralelno s "b" osi – mutno-crno-siva, a paralelno s "c" osi – siva sa zelenom primjesom. Utisci anizotropije su visoki, ali bez naročitih promjena u boji. Unutrašnji refleksi su česti, mrko-crveni ili mrki, ali ne tako mnogobrojni kao kod igličaste gvozdene rude.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjenja do sada još nisu zapažena. Ritmičke strukture gela nisu tako česte kao kod igličaste gvozdene rude. Često se nalaze tanke pločice koje su razvijene na igličastoj gvozdеноj rudi. Primjećene su i pojave



pretvaranja rubinskog liskuna u igličastu gvozdenu rudu. Suprotan tok pretvaranja može se takođe zapaziti.

**Identifikacija:** Rubinski liskun je vrlo karakterističan po svom kristalnom obliku, optičkom ponašanju i paragenezi, tako da postoji malo mogućnosti za njegovu zamjenu.

**Način pojavljivanja:** Odgovara načinu pojavljivanja igličaste gvozdene rude. Oba minerala najčešće se pojavljuju zajedno.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši pomoću  $\text{SnCl}_2$ .

#### 5.2.42. IGLIČASTA GVOZDENA RUDA $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

**Ponašanje pri glačanju:** Igličasta gvozdena ruda glača se vrlo različito, što zavisi od strukture mase i minerala koji je prate. Veći kristali mogu se glačati dobro: sitno-zrnaste mase – uz velike teškoće. Podaci o tvrđini pri brušenju ne mogu se dati usljed raznovrsnosti materijala. Kod krupno-kristalastog materijala ona je prilično velika.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je kolebljiva i iznosi otprilike 14 % u vazduhu i 5 % u ulju. Prema tome, ona je vrlo mala. Ona se smanjuje usljed mnogobrojnih unutrašnjih refleksa svijetlo-žute do mrko-crvene boje, koji su naročito česti kod sitnozrnih masa. Boja je siva. Ona je mnogo tamnija nego kod hematita, primjetno tamnija od boje rubinskog liskuna, ali svijetlija od boje malahita i ceruzita. Birefleksija je slaba; u ulju-povišena sa plavo-sivom primjesom u boji u paralelnom pravcu sa vlaknima, odnosno iglama minerala. Utisci anizotropije su obično jasni, ali su prekriveni unutrašnjim refleksima naročito u ulju.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Igličasta gvozdena ruda obično se javlja u izrazitim strukturama iskristalog gela. Vlakna su obično raspoređena uporedno i zrakasto. Zonarno smanjivanje grubljih i sitnijih masa je često.

**Identifikacija:** Pojavljivanje, parageneza, struktura gela i unutrašnji refleksi, vrlo su karakteristični i onemogućavaju zamjenu sa drugim mineralima.

**Način pojavljivanja:** Limonit, koji je najvećim dijelom izgrađen od igličaste gvozdene rude, jedna je od najvažnijih i najčešćih tvorevina u cjelokupnom sedimentnom području.

**Otkrivanje strukture:** Sredstvo za otkrivanje još nije poznato.

#### 5.2.43. HAUSMANIT $\text{Mn}_3\text{O}_4$

**Simetrija:** Tetragonski, holoedrija.

**Hemizam:** Sadrži 72,0 % Mn i 28 % O. Od primjesa dolaze Fe i Zn.

**Ponašanje pri glačanju:** Hausmanit se poslije prethodne brižljive obrade glača dobro. Cjepljivost pri brušenju je rijetko vidljiva.

**Optičko ponašanje:** količina odbijene svjetlosti nije velika i iznosi 17 % u vazduhu i 6 % u ulju. Boja je siva sa vrlo slabom mrkom primjesom, vrlo je slična boji braunita i magnetita. U ulju, u poređenju sa braunitom, izostaje mrka primjesa, a u poređenju sa magnetitom – crvenkasta primjesa. Birefleksija je slaba; u ulju mnogo jasnija i siva do do crno-siva. U položaju koji slabije odbija svjetlost, pojavljuje se jedno vrlo karakteristično prelivanje i svjetlucanje. Utisci anizotropije su živi, naročito u ulju, ali bez upadljivih promjena boja. Unutrašnji, kao krv crveno-mrki refleksi, vrlo su česti naročito u ulju.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje postoji uvijek i vrlo je karakteristično. Pojedine jedinice su najčešće idiomorfne. Hausmanit često pokazuje početno ili dobrim dijelom ostvareno pretvaranje u piroluzit.

**Identifikacija:** Mogućnost zamjene postoji sa magnetitom, a takođe i drugim mineralima-oksidima mangana. Magnetit i jakobsit su izotropni. Braunit ima manju anizotropiju, kod njega je rjeđe bližnjenje i teže se napada sa HF. Manganit nema bliznih lamela; kod njega nema karakterističnog prelivanja i svjetlucanja u položaju koji slabije odbija svjetlost.

**Način pojavljivanja:** Uslovi postanka hausmanita još nisu potpuno razjašnjeni. On se nalazi u kontaktno-pneumatolitskim ležištima, ali se sreće sa braunitom u žicama koje su morale nastati na vrlo niskim temperaturama.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću  $H_2O_2$  sa  $H_2SO_4$  ili pomoću koncentrovane HF za 30 sekundi. Pri tom je vidljiva cjepljivost otkrivena nagrizanjem.

#### 5.2.44. MANGANIT $\gamma$ - $MnO(OH)$

**Simetrija:** Monoklinski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 40,4 % MnO, 49,4 %  $MnO_2$  i 10,2 %  $H_2O$ . Teoretski sadrži 62,5 % Mn. Sadrži primjese  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ , CaO i dr. Elemente, kao što su Ba, Pb i Cu.

**Ponašanje pri glačanju:** Manganit se glača različito. Materijal koji se nije počeo pretvarati u druge minerale, glača se sasvim dobro, dok materijal, koji je počeo da se pretvara u piroluzit-vrlo loše. Cjepljivost se može često vidjeti. Manganit je mekši od hausmanita i braunita; obično je tvrdi od piroluzita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi u vazduhu paralelno s "a" osi 12 %, paralelno s "b" osi 16 %; u ulju paralelno s "a" osi otprilike 3 %, a paralelno s "b" osi 5 %. Boja je sivo-bijela do mrka. Birefleksija je u povoljnim presjecima dosta jasna. Utisci anizotropije su živi i u vazduhu i u ulju. Boje u dijagonalnom položaju su tamno-ljubičasto-siva i prljavo-ljubičasta. Kao krv crveni unutrašnji refleksi mogu se često opaziti.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Manganit se obično pojavljuje u vidu snopova zrakastih prizmi ili igala. On se vrlo lako pretvara u piroluzit.

**Identifikacija:** Manganit je sličan braunitu, hausmanitu, magnetitu i ilmenitu. Od njih se manganit razlikuje čestim unutrašnjim refleksima i svojom cjepljivošću. Za razliku od hausmanita, birefleksija manganita je uglavnom jača. Osim toga razlikuju se po boljoj cjepljivosti manganita.

**Način pojavljivanja:** Manganit se nalazi samo u malom broju ležišta i vjerovatno se stvara samo kao descendna tvorevina. On je rijedak, jer je najčešće pretvoren u piroluzit.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže izuzetno teško.

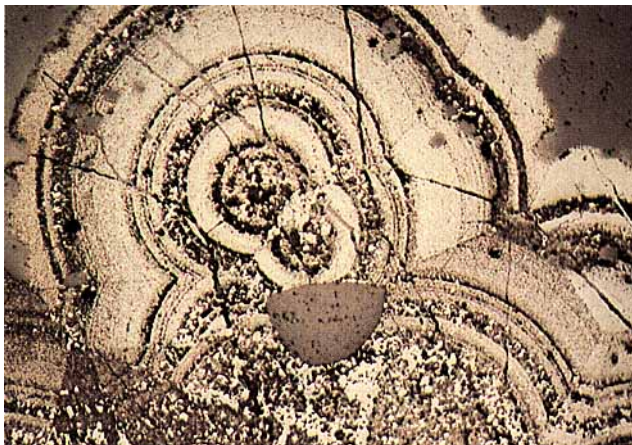
#### 5.2.45. KASITERIT $SnO_2$

**Simetrija:** Tetragonski, holoedrijski.

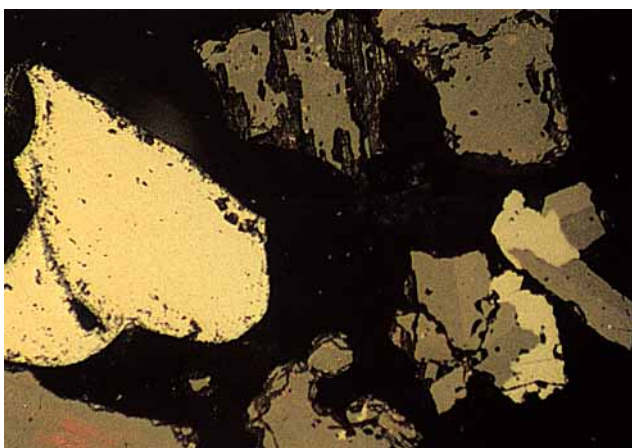
**Hemizam:** Sadrži 78,8 % Sn i 21,2 % O. Od primjesa dolazi  $Fe_2O_3$ ,  $Ta_2O_3$ ,  $TiO_2$ , MnO, FeO, rjeđe  $ZrO_2$  i  $WO_4$ .

**Ponašanje pri glačanju:** Kasiterit se glača izuzetno loše i uvijek sa jakim reljefom. Tvrdina pri brušenju mu je veća nego kod kvarca.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo mala i iznosi 10 % u vazduhu i oko 3 % u ulju; nešto je veća od količine odbijene svjetlosti minerala pratilaca ruda, koji čine jalovinu. Vrijednosti odbijene svjetlosti manja je od svalerita i volframita. U odnosu na volframit, kasiterit je manje mrke boje. Birefleksija je vrlo slaba, u ulju-jasnija, mada još uvijek slaba. Utisci anizotropije su jasni, ali prekriveni usljed mnogobrojnih bijelih unutrašnjih refleksa.



*Sl.69. Kasiterit. Bothlain mine, Cornawall, V. Britanija*



*Sl.70. Kasiterit, ilmenit i kolumbit. Jos Palteau, Nigerija*

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Prosto bližnjenje i zonarnost mogu se često zapaziti. Lamelarno bližnjenje je mnogo rjeđe. Oblik zrna je vrlo različit. Kasiteriti stvoreni na visokim temperaturama su zrnasti. Ukoliko se snižava temperatura postanka, u toliko mase postaju igličastije, dok se na kraju ne stvori tzv. "kalajno drvo" (holzzinn), koje je izgrađeno od koncentrično-ljuspastih, sasvim finih iglica kasiterita.

**Identifikacija:** Za kasiterit su karakteristični velika tvrdrina, slaba mogućnost dobrog glačanja, i mala količina odbijene svjetlosti. Kod dobro uglačanih preparata postoji mogućnost njegove zamjene sa svaleritom, međutim svalerit je izotropan.

**Način pojavljivanja:** Kasiterit je na prvom mjestu tvorevina pneumatolitskih ležišta. U obliku igličastih pojava javlja se rjeđe u hidrotermalnim rudištima, prije svega u subvulkanskom području. U oksidacionoj zoni on se može stvoriti od stanina. Uslijed svoje velike otpornosti, on se dosta često javlja i u rudonosnim nanosima.

**Otkrivanje strukture:** Ovo se postiže samo nascentnim vodonikom. U jednoj čašici prelije se komadić cinkanog lima i parče granulisanog cinka razblaženom HCl, poslije toga preparat se drži potopljen u čašici oko 5 minuta. Stvoreni rastvor kalaja rastvori se sa HNO<sub>3</sub>.

#### 5.2.46. CERUZIT PbCO<sub>3</sub>

**Simetrija:** Rombični, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 83,5 % PbO i 16,5 % CO<sub>2</sub>. Pored njih može sadržavati primjese PbS, Ag<sub>2</sub>S, kao i ZnCO<sub>3</sub>.

**Ponašanje pri glačanju:** Ceruzit se glača vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju mu je nešto veća nego kod galenita, nešto manja od tvrdine ostalih romboedarskih karbonata.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala, mada veća od ostalih romboedarskih karbonata. Ona iznosi 11 % u vazduhu i oko 4 % u ulju. Boje je sive. Birefleksija u vazduhu je jaka. Najsvjetliji položaji presjeka kod siderita i smitsonita, odgovaraju otprilike najtamnijim položajima presjeka kod ceruzita. Birefleksija je u ulju znatno pojačana. Utisci anizotropije su vrlo visoki, ali su i u vazduhu i u ulju neprimjetni i prekriveni mnogobrojnim unutrašnjim refleksima.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kistali su mu pseudoheksagonalno-bipiramidalnog oblika. Kristalasti agregati su najčešće bubrežasti, prutičasti, zrnasti i vlaknasti.

**Identifikacija:** Za razliku od ostalih romboedarskih karbonata, ceruzit ima karakteristično visoku količinu odbijene svjetlosti. Anglezit ne napadaju kiseline i nema primjetnu birefleksiju.

**Način pojavljivanja:** Ceruzit se redovno nalazi u oksidacionoj zoni olovnih rudišta, gdje je udružen sa ostalim oksidima.

**Otkrivanje strukture:** Ceruzit se lako napada razblaženim kiselinama.

#### 5.2.47. SMITSONIT ZnCO<sub>3</sub>

**Simetrija:** Heksagonski, romboedrijska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 64,8 % ZnO i 35,2 % CO<sub>2</sub>. pored toga kao izomorfne primjese sadrži Fe, Mn, Mg, nekad Co, rijetko Cd, In i dr. Smitsonit se sadržajem FeO većim od 10 % naziva se mongeimit.

**Ponašanje pri glačanju:** Smitsonit se glača vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju mu je veća od kalcita.

**Optičko ponašanje:** Optičko ponašanje odgovara ponašanju siderita.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kristali veoma rijetki. Javlja se u grozdastim, bubrežastim, sferolitičnim i stalaktitnim masama. Kriptokristalaste vrste smitsonita često sadrže mehaničke primjese limonita, opala, malahita i drugih minerala.

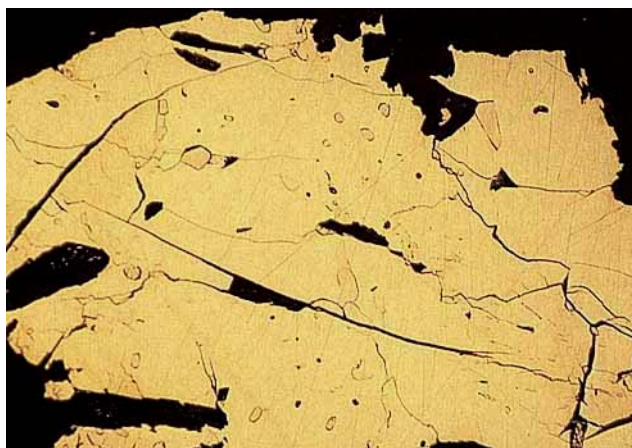
**Identifikacija:** Kalcit i dolomit imaju manju količinu odbijene svjetlosti. Siderit i rodohrozit su vrlo slični i jedva se mogu razlikovati. Ceruzit ima veću količinu odbijene svjetlosti.

**Način pojavljivanja:** Prema dosadašnjim podacima, smitsonit se pojavljuje samo u oksidacionoj zoni ili u tvorevinama kod kojih su površinski utjecaji igrali presudnu ulogu.

**Otkrivanje strukture:** Vrela HCl jako napada smitsonit. Sirćetna kiselina i hladna HCl ne napadaju ga.

**JASNO OBOJENI**

#### 5.2.48. MILERIT NiS



*Sl.71. Milerit i nikelin. Unst. Shetlands Islands, V. Britanija*

**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 64,6 % Ni i 35,33 % S. Od primjesa se javljaju Fe, Co i Cu.

**Ponašanje pri glačanju:** Usljed ispadanja sitnih iglica, nekad je nemoguće postići dobru uglaćanost. Tvrdina pri brušenju je srednja, veća od halkopirita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi 54 % u vazduhu i 47 % u ulju. Boja je svijetlo-žuta sa 'krem' primjesom. Ona se u ulju vrlo malo mijenja. Mineral je nešto svijetliji od halkopirita i ima više 'krem' boju. U poređenju sa pentlanditom on je jasnije žut. Birefleksija je sasvim slaba, u ulju nešto veća. Utisci anizotropije su vrlo živi, naročito u ulju. Promjene boja nisu jako upadljive; one su žućkaste do zelenkaste. Prilikom upotrebe bijele svjetlosti, nema oštrog pomračenja.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjenje je često. Mineral uvijek izgrađuje fine iglice i obično se pojavljuje kao produkt raspadanja, izmiješan sa sulfidima koji su bogati niklom.

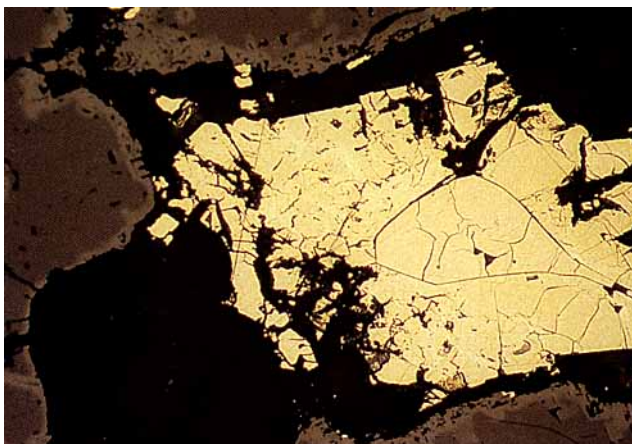
**Identifikacija:** Tvrdina, fini igličasti oblici i žuta boja-karakteristični su za milerit. Halkopirit je mekši i nije igličasto razvijen. Pirit je izotropan.

**Način pojavljivanja:** Milerit je obično produkt početnog raspadanja sulfida koji su bogati niklom. On se nalazi u prelaznoj oblasti između oksidacione i cementacione zone. Rijetko se pojavljuje u žicama, možda kao mlada ascedentno-hidrotermalna tvorevina.

#### 5.2.49. NIKELIN NiAs

**Simetrija:** Heksagonski, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 43,9 % Ni i 56,1 % As. Kao primjese javljaju se Sb, Fe, Co, Bi i Cu. As može biti zamijenjen sa Sb do 28 % ili sa S do 9 %.



**Sl.72.** Pentlandit, hromit, nikelin. Unst. Shetlands Islands, V. Britanija

**Ponašanje pri glačanju:** Nikelin se obično glača vrlo dobro. Cjepljivosti pri brušenju najčešće nema. Tvrdina pri brušenju je manja nego kod pirita, smaltina, saflorita, arsenopirita, a veća nego kod halkopirita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi za običan zrak ("o") - 57 % u vazduhu i 46 % u ulju. Boja je otvoreno žuto-ružičasta. Birefleksija je visoka, za običan zrak ("o") u vazduhu bijelo-žuto-ružičasta, u ulju-tamno mrko-ružičasta. Utisci anizotropije su takođe vrlo visoki i pokazuju žive promjene boja. Boje u dijagonalnom položaju u vazduhu su otvoreno-žute do otvoreno-sive, a u ulju zeleno-žute do narandžasto-crvene.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnjenje je rijetko, zonarnost češća. Duž oboda ili pukotina mineral često pokazuje pretvaranje u ramelsbergit. Oblik zrna je vrlo različit, obično je zrnast, a može biti i vlaknast.

**Identifikacija:** Karakteristični su boja i tvrdina, tako da ima malo mogućnosti za zamjenu. Pirhotin odbija manju količinu svjetlosti i boje je žuto-mrke. Mauherit je slabije boje; u neposrednom poređenju je plavičasto-ljubičasto-siv, nema birefleksiju i skoro je izotropan. Brauthauptit mu je sličan, ali je jače obojen.

**Način pojavljivanja:** Nikelin se povremeno stvara u intruzivno-hidrotermalnim žicama i uvijek je udružen sa drugim mineralima kobalta i nikla. Mjestimično on se nalazi i u subvulkanskim ležištima.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću  $KMnO_4$  sa  $H_2SO_4$  ili  $H_2O_2$  i  $H_2SO_4$ . U najviše slučajeva napadu nije potrebno pristupiti, radi dovoljno jasnih optičkih osobina.

#### 5.2.50. BRAITHAUPTIT NiSb

**Simetrija:** Heksagonski, holoedrijski.

**Hemizam:**

**Ponašanje pri glačanju:** Braithauptit se glača dobro, slično nikelinu, kome odgovara i po tvrdini pri brušenju.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je velika i iznosi za običan zrak ("o") - 49 % u vazduhu i 43 % u ulju. Boje je ružičasto-ljubičaste; pored nikelina je jače obojen. Birefleksija je vrlo jasna za ("o") u vazduhu – svijetlo žuto-crvena, u ulju – nježno-



ružičasta; za ("e") je u vazduhu – crveno-ljubičasta, a u ulju –sjajno ružičasto-ljubičasta. Utisci anizotropije su vrlo jaki sa zelenim, žutim i drugim primjesama u boji.

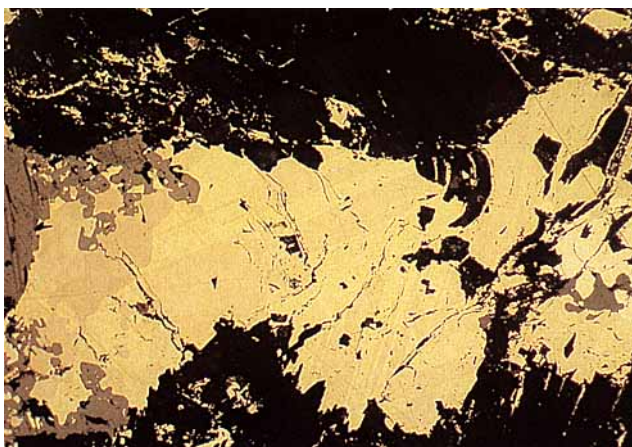
**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Bližnja nisu zapažena, ponekad se javlja zonarnost. Braithauptit se obično javlja u vidu zrnastih masa.

**Identifikacija:** Zamjena je moguća samo sa nikelinom. Za njega su karakteristični; sjaj boje u odbijenoj svjetlosti, birefleksija i srazmjerno velika tvrdina.

**Način pojavljivanja:** Braithauptit je kao i nikelin rasprostranjen u intruzivno-hidrotermalnim žicama sa kobaltom i niklom, ali se može naći i u rudištima koja se stvaraju i na višoj temperaturi.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže sa HBr.

### 5.2.51. KUBANIT $\text{CuFe}_2\text{S}_3$



SI.73. Kubanit, halkopirit, pirhotin, magnetit i pirit. Bushveld, JAR

**Simetrija:** Rombično, holodrijski.

**Hemizam:** Sadrži 23,4 % Cu, 41,2 % Fe i 35,4 % S.

**Ponašanje pri glačanju:** Kubanit se uvijek vrlo dobro glača. Tvrdina pri brušenju mu je jedva nešto veća od halkopirita, znatno manja od pirhotina. Cjepljivost pri brušenju može se često zapaziti.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je prilično velika i iznosi 41 % u vazduhu i 29 % u ulju. Boja je žuto-bijela do mrko-ružičasta. U poređenju sa halkopiritom boja u vazduhu je vrlo slična, ali nešto više žuto-siva. Birefleksija je slaba, u ulju jasnija. Utisci anizotropije u ulju su prilično živi, slabiji od utisaka pirhotina, a jači nego kod halkopirita. Presjeci u ulju, pri dijagonalnom položaju su ružičasto-mrki i plavičasto-sivi.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kubanit se gotovo isključivo nalazi u halkopiritu, vezan i uklopljen u vidu tanko-tabličastih lamela. Potpuno sam se gotovo nikada ne javlja. On je vrlo nepostojan i često se pretvara u pirhotin i halkopirit.

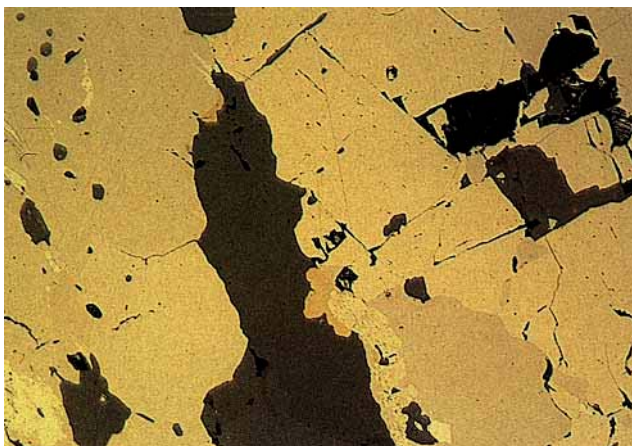
**Identifikacija:** Kubanit je vrlo sličan pirhotinu, ali je znatno mekši. Od halkopirita se razlikuje većom anizotropijom. Njegove dalje odlike su pojavljivanje u obliku lamela i njegova paragenaza.



**Način pojavljivanja:** Kubanit je redovno mineral visoke temperature. Ispod 450°C njegov postanak nije moguć. Radi toga, on se nalazi samo u likvidno-magmatskim, pegmatitsko-pneumatolitskim i visoko-hidrotermalnim ležištima.

**Otkrivanje strukture:** Povoljni efekti se postižu sa HNO<sub>3</sub>.

## 5.2.52. PIRHOTIN Fe<sub>1-x</sub>S



SI.74. Pirhotin i pentlandit. Kambalada, Z. Australija

**Simetrija:** Heksagonski, holodrijski.

**Hemizam:** Sulfid gvožđa sa promjenjivom količinom sumpora. Kod formule FeS sadrži oko 65,53 % Fe i 36,47 % S. Sumpora u pirhotinu može biti i do 40 %. Obično sadrži primjese Ni, Co, Cu, rijetko Mn i Zn, ispod 1 %. Varijetet koji ima sastav najbliži sastavu FeS, naziva se troilit.



SI.75. Pirhotin, pentlandit i halkopirit. Stillwater, montana USA

**Ponašanje pri glačanju:** Pihotin se obično vrlo dobro glača. Srednje je tvrđine pri brušenju. Tvrđina mu je veća od halkopirita, a manja od pirita. Cjepljivost pri brušenju ponekad je vidljiva, naročito kod materijala koji je djelimično raspadnut.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je srazmjerno velika i iznosi 37 % u vazduhu i 29 % u ulju. Boja je svijetlo-ružičasto-mrka. Ona je nasuprot pentlanditu nešto tamnija i više mrko-ružičasta. Birefleksija je jasna, naročito u ulju. Za običan zrak ("o") boja je tamno crvenkasto-mrka, za neobičan ("e") zrak otvorenija, mrko-"krem". Utisci anizotropije u vazduhu su jaki, u ulju vrlo visoki. Boje pri dijagonalnom položaju u vazduhu žuto-sive i nježno-zelene ili sive do crveno-mrke, a u ulju sivo-plave ili žuto-sive sa crvenom primjesom. Minerali različitih nalazišta nemaju iste promjene boja. Mnogi pirhotini se na vazduhu prevlače i dobijaju mrku skramu.

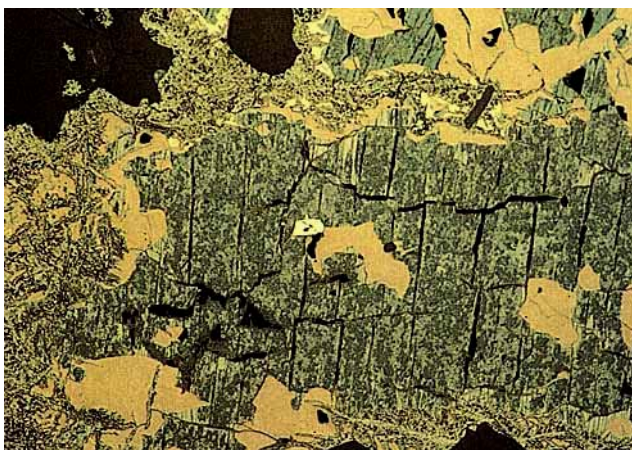
**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Pirhotin je obično zrnasto razvijen. Pojedinačni kristali su rijetki. Bliženje se rijetko može opaziti. Ponekad se javlja fina jedva primjetna lamelarna građa, koja je možda još neko nepoznato izdvajanje u pirhotinu. Kao sigurno izdvajanje sreće se pentlandit. Vrlo česta su raznovrsna potiskivanja, naročito u području površinskog raspadanja. Najčešće se stvaraju okruglaste tvorevine pirit, melinkovit-pirita ili markasita. Markasit se stvara i duž pukotina. Pri daljnjem pretvaranju, pirhotin može postati mješavinom pirit i markasita.

**Identifikacija:** Za pirhotin su karakteristični žuto-mrka boja sa ružičastom primjesom, jasnija birefleksija u ulju i živi utisci anizotropije. Pentlandit je izotropan, bolje je cjepljiv i svijetliji je. Kubanit je mekši. Bornit je mekši, ima drugu boju i jedva je anizotropan.

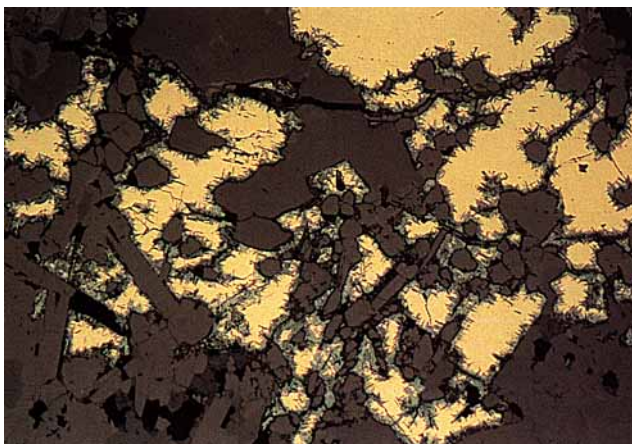
**Način pojavljivanja:** Pirhotin je uglavnom tvorevina više temperature. On se nalazi u likvidno-magmatskim segregacionim tvorevinama i za njih je vezano njegovo glavno rasprostranjenje. On se javlja i u pegmatitsko-pneumatolitskim i visoko-hidrotermalnim ležištima. U subvulkanskim ležištima je rijedak. U sedimentnom području ga nema. Rasprostranjen je u metamornim ležištima.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću elektrolitičkog napada u razblaženoj HCl ili sa H<sub>2</sub>.

### 5.2.53. KOVELIN CuS



SI.76. Kovelin, bornit, hematit, vitičelit i arsenopirit.  
English Lake Districht, V. Britanija



SI.77. Halkopirit i kovelin. El Salvador, Čile

**Simetrija:** Heksagonski, holoedrija.

**Hemizam:** Sadrži 66,48 % Cu i 35,52 % S. Od primjesa ima Fe, rijetko Se, Ag i Pb.

**Ponašanje pri glačanju:** Kovelin se skoro redovno glača dobro i bez ogrebotina. Tvrdina pri brušenju mu je vrlo mala, otprilike kao kod halkozina, manja nego kod galenita i halkopirita, a veća nego kod argentita.

**Optičko ponašanje:** Kovelin ima nevjerovatno visoku birefleksiju. Količina odbijene svjetlosti za običan zrak ("o") iznosi u vazduhu 15 %; ona je zagasito-plave boje sa nježnom ljubičastom primjesom. U ulju odbija samo 4 % sa jako izmijenjenom bojom koja je purpurno-crvena do ljubičasto-crvena. Za neobičan zrak ("e") količina odbijene svjetlosti u vazduhu je 24 % sa plavobijelom bojom; u ulju odbija 10 % sa malo izmijenjenom zagasitom bojom. Uticaji anizotropije su takođe vrlo upadljivi, tako da ih neki drugi mineral ruda jedva može dostići – u dijagonalnom položaju boje u vazduhu su sjajno-narandžaste do bakarno-mrke, a u ulju slične, ali sa svijetlijom primjesom u boji.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Kovelin je obično tabličastog razvića, najčešće tanko-tabličast.

**Identifikacija:** Optičko ponašanje je tako karakteristično da ga je nemoguće zamijeniti sa drugim mineralima.

**Način pojavljivanja:** Kovelin se vrlo rijetko nalazi kao tvorevina ascendentno-hidrotermalnog postanka, ali se kao takva pojavljuje u nekim rudištima u velikim količinama. Glavno rasprostranjenja kovelina je u području oksidacione i cementacione zone sulfidnih bakarnih ležišta. Osim toga, on se javlja kao primarna pojava u koncentracionim ležištima isušanih pustinjskih basena.

**Otkrivanje strukture:** Lako se otapa u vrućoj  $\text{HNO}_3$ , kao i  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### 5.2.54. ENARGIT $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$

**Simetrija:** Rombična, hemimorfija.

**Hemizam:** Sadrži 48,3 % Cu, 19,1 % As i 32,6 % S. Nakad sadrži primjese Sb do 6,5 %, Fe do 7,5 %, a u malim količinama Pb, Zn, Ag i Au.

**Ponašanje pri glačanju:** Enargit se uglavnom glača vrlo dobro. Cjepljivost pri brušenju je česta. Tvrdina pri brušenju mu je srednja, veća nego kod galenita, halkozina i bornita, skoro ista kao kod tetraedrita i luzonita, a manja nego kod svalerita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi 22 % u vazduhu i 12 % u ulju. Boja je otvoreno-ružičasto-mrka, pored luzonita – nešto tamnija, pored tetraedrita – tamnija i jasnije ružičasta, pored bornita – svjetlija. Birefleksija je slaba. U ulju mnogo jasnija, ružičasto-siva do sivo-ljubičasta. Utisci anizotropije su živi sa crveno-ljubičastom i maslinasto-zelenim bojama. Pomračenje je paralelno, ali se nikada ne postiže potpuno. Crveni unutrašnji refleksi su rijetki i nejasni.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Oblik zrna kod enargita obično je prizmatičan u masama zrnast i zupčast. Bližnjenje je zapaženo samo sporadično.

**Identifikacija:** Enargit se može zamijeniti sa luzonitom, bornitom, famantitom i germanitom. Luzonit ima uvijek jako lamelarno bližnjenje. Bornit je tamniji i izotropan, ili vrlo slabo anizotropan. Flamantit se ne napada sa KCN, već sa HNO<sub>3</sub>.

**Način pojavljivanja:** Enargit se javlja u određenom području postanka, kako u intruzivno-hidrotermalnim, tako i u subvulkansko-hidrotermalnim ležištima, u kojima ukazuje na nešto višu temperaturu postanka.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže sa KCN. Talog koji se tom prilikom stvara, lako se otklanja. Obično se razvija jasna cjepljivost, koja nastaje usljed nagrizanja.

#### 5.2.55. LUZONIT Cu<sub>2</sub>CuAsS<sub>4</sub> (Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>)

**Simetrija:** Tetragonalna.

**Ponašanje pri glačanju:** Luzonit se glača dobro, kao i enargit. Cjepljivost izostaje. Tvrdina pri brušenju je slična kao kod enargita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti odgovara količini odbijene svjetlosti enargita. Boja je nešto više narandžasta i svjetlija od enargita. Birefleksija je usljed lamelnog bližnjenja nešto jasnija nego kod enargita, naročito u ulju. Boje su; otvoreno-ružičasto-žuta, mrko-narandžasta i ljubičasto-sivo-ružičasta. Utisci anizotropije su vrlo visoki, mada se od enargita bitno ne razlikuju. Pomračenje je koso u odnosu na blizne lamele.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Oblik zrna je ujednačen. Lamelarno bližnjenje u obliku finih lamela je redovno; ta najvažnija odlika za razlikovanje od enargita. Često se može zapaziti početno pretvaranje u enargit.

**Identifikacija:** Za razliku od inače sličnog enargita, služi lamelarno bližnjenje i nešto otvorenija boja.

**Način pojavljivanja:** Luzonit se nalazi u istim ležištima kao i enargit, ali je rjeđi i pojavljuje se u malim količinama.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže na sličan način kao i kod enargita, mada KCN djeluje slabije.

#### 5.2.56. FAMATINIT Cu<sub>3</sub>SbS<sub>4</sub>

**Simetrija:** Tetragonska.

**Hemizam:** Upotreba naziva za famantit, luzonit, stiboluzonit i enargit nije jedinstvena. To dolazi otuda što su ti minerali skoro uvijek udruženi, što paramorfno prelaze jedan u drugi i što su moguća izomorfna miješanja. Postoje kod Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>-Cu<sub>3</sub>SbS<sub>4</sub> dva niza kristala mješanaca: rombični i tetragonalni niz (ovaj je ranije smatran monoklinskim). P. Ramdohr prvi niz naziva enargitsko-famatinitskim, a drugi luzonitsko-stiboluzonitskim.

**Ponašanje pri glačanju:** Famantit se glača isto tako dobro kao i enargit. Cjepljivost je rijetka. Tvrdina pri brušenju mu je otprilike ista kao i kod enargita.



**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi 24 % u vazduhu i 13 % u ulju. Boja je otvoreno-ružičasta sa primjesom ka ljubičastom; u ulju ljubičasto-crvena postaje jasnija. Za razliku od enargita i luzonita boja je nešto svjetlija i jasnije crvena. Birefleksija je takođe slična birefleksiji enargita. Boje su samo nešto više crvenkaste. Utisci anizotropije su vrlo visoki; boje u dijagonalnom položaju su otvoreno-ružičasta do tamno-ljubičasta, odnosno plavo-zelene do tamno-sivo-plave. Unutrašnjih refleksa nema.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje izostaje. Famatinit može nastati pseudomorfozom iz stibioluzonita. Oblik zrna je istovjetan sa oblikom kod enargita.

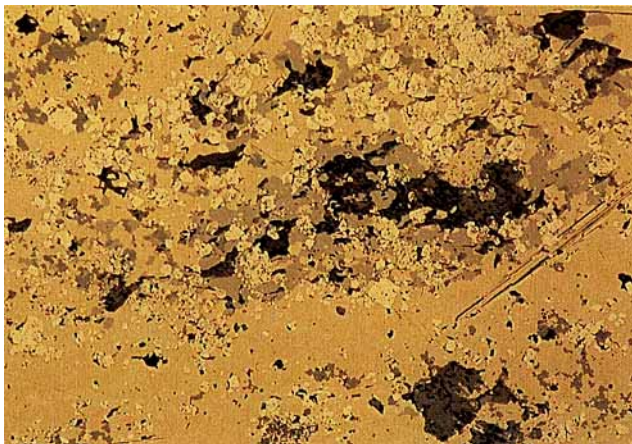
**Identifikacija:** Mogućnost zamjene naročito postoji sa bornitom, luzonitom, enargitom i germanitom. Bornit je najčešće, a germanit uvijek izotropan. Luzonit ima jako lamelarno bližnjenje i jaku birefleksiju i više je narandžast. Enargit je mutnije boje; često ga je teško razlikovati.

Upotreba naziva za famantit, luzonit, stibioluzonit i enargit nije jedinstvena. To dolazi što su ti minerali skoro uvijek udruženi, što paramorfno često jedan u drugi prelaze i što su moguća i izomorfna miješanja. Postoje kod  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$  –  $\text{Cu}_3\text{SbS}_4$  dva niza kristala mješanaca; rombični niz i tetragonalni niz.

**Način pojavljivanja:** Famatinit se javlja u istim ležištima kao i enargit, ali je rjeđi i javlja se u oskudnim količinama.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se može postići sa KCN, ali obično prilično slabiouspijeva.

#### 5.2.57. STANIN $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$



SI.78. Halkopirit, pirit, stanin, svalerit. Neves Corve, Portugal

**Simetrija:** Tetragonski, sfenoidska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 29,5 % Cu, 11,1 % Fe, 27,5 % Sn i 29,9 % S. Kao primjese sadrži Zn do 10,1 %, Sb do 3 %, Cd do 1,5 %, P do 2 % i Ag do 1,0 %.

**Ponašanje pri glačanju:** Stanin se glača dobro i besprijevano. Tvrdina pri brušenju je umjerena, veća nego kod halkopirita, ali niža nego kod svalerita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti nije velika i iznosi 21 % u vazduhu i 10 % u ulju. Boja je siva sa jakom maslinasto-zelenom primjesom, slično tetraedritu. U

poređenju sa ovim, boja je tamnija i više mrka; pored halkopirita – jasno tamnija i maslinasto-mrka. Birefleksija je samo u ulju nešto jasnija – mrko-maslinasta do sivo-zelena. Utisci anizotropije su jasni, a boje u ulju ljubičaste, zelene i sive. Potpuno pomračenje ne može se postići.

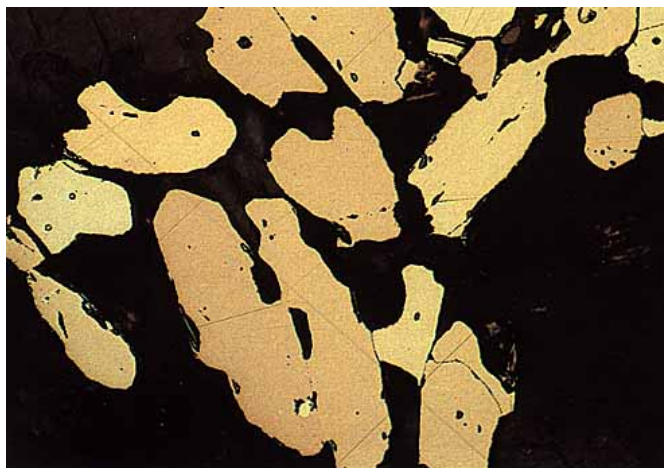
**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Oblik zrna kod stanina je nepravilan i zavisi od minerala koji ga prate. Lamelarno bližnjenje je nekad u vidu pojedinačnih lamela, nekad polisintetičko, a nekad uopšte ne postoji. Parketna struktura može se takođe naći. Nijedan stanin nije slobodan od uklopaka drugih minerala. Radi toga se ne zna sigurno ni hemijski sastav. Ove čestice sastoje se prvenstveno od halkopirita, u drugom redu od svalerita. Druge čestice zbog svoje finoće još nisu mogle biti određene.

**Identifikacija:** Stanin je sličan tetraedritu, a naročito gvožđu koje je bogato vrstama bakra i antimona. Međutim ovi su izotropni i odbijaju veću količinu svjetlosti.

**Način pojavljivanja:** Stanin se nalazi u sulfidnom dijelu pneumatolitskih i visoko-hidrotermalnih tvorevina. On se ovdje redovno stvara poslije kasiterita i pripada hidrotermalnoj fazi ovih ležišta.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se postiže pomoću alkalnog rastvora  $\text{KMnO}_4$  za 3 do 10 sekundi. Stvara se mrki talog koji se može rastvoriti u  $\text{HCl}$ .

#### 5.2.58. ILMENIT $\text{FeTiO}_3$



SI.79. Ilmenit. Glen Gairn, Škotska

**Simetrija:** Heksagonski, romboedrijska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 36,8 % Fe, 31,6 % Ti i 31,6 % O. Sadrži izomorfno pomiješanog Mg, stvarajući neprekidan niz od  $\text{MgTiO}_3$  gejkilita, kao i nekoliko procenata Mn, stvarajući i tu neprekidan niz  $\text{MnTiO}_3$  pirofanit.

**Ponašanje pri glačanju:** Ilmenit se poslije duže prethodne obrade glača uglavnom dobro. Tvrdina pri brušenju mu je velika, ali manja od hematita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je umjerena i iznosi 18 % u vazduhu i 7 % u ulju. Boja je sivo-bijela sa mrkastom primjesom. Pored magnetita ilmenit je jedva primjetno tamniji i jasnije crveno-mrk. Pored hematita – tamniji i crveno-mrk.





**Sl.80.** Ilmenit, sfen, hematit i epidot. Glen Ggairn, Škotska

Pored hromita – svijetliji i crveno-mrk. Birefleksija je slaba; u ulju upadljiva. Za običan zrak ("o") je bijela ka ružičasto-mrkom, slično magnetitu, a za neobičan zrak ("e") – potpuno mrka, znatno tamnija od magnetita. U ulju utisci anizotropije su jasni i živi. Promjene boja, koje se pojavljuju u ulju pri dijagonalnom položaju su otvoreno-siva sa žuto-zelenom primjesom i otvoreno-siva sa plavo-ljubičastom primjesom. Tamno-mrki unutrašnji refleksi su rijetki.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje, koje vjerovatno najčešće nastaje usljed pritiska je često. Orijentisana izdvajanja hematita se sreću u mnogim ilmenitima, ponekad u velikim količinama. Ona ukazuju na višu temperaturu stvaranja. Pored toga mogu se naći i isto takva izdvajanja magnetita. U eruptivnim stijenama ilmenit se stvara kao ranija tvorevina; najčešće je idiomorfan, dok je u masama zrnast.

**Identifikacija:** Ilmenitu su slični magnetit i hromit, s tom razlikom što sa oba ova minerala izotropni. U malim zrnima može mu biti vrlo sličan i rutil. On ima mnogobrojne unutrašnje refleksije, naročito u ulju.

**Način pojavljivanja:** Skoro sve magmatske stijene sadrže ilmenit. U ležištima ilmenit se nalazi prije svega u magmatskim rudištima gvožđa. Njegov postanak je redovno vezan za temperature više od 500°C. On je vrlo otporan prema raspadanju i zato se često sreće u nanosima.

**Otkrivanje strukture:** Pouzdana sredstva za otkrivanje strukture još nisu poznata.

## 5.2.59. TENORIT CuO

**Simetrija:** Monoklinski.

**Hemizam:** Sadrži 79,9 % Cu i 20,1 % O.

**Ponašanje pri glačanju:** Tenorit se obično vrlo dobro glača. Tvrdina pri brušenju mu je srednja, veća od halkozina, a manja od kuprita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti otprilike odgovara količini kod kuprita. Boja je otvoreno-sivo-bijela sa žutom primjesom. Pored kuprita i halkozina – mrkasta, pored limonita jasno žućkasto-siva. Birefleksija je jasna, u ulju znatno pojačana. Boja je bijela sa primjesom 'krem' i tamno-siva, sa mrko-ljubičastom primjesom. Utisci

anizotropije su jasni, u ulju jaki, bez naročitih promjena u boji. Nema potpunog pomračenja. Unutrašnji refleksi izostaju.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** U kristalastim masama često se može vidjeti lamelarno bližnjenje. Materijal je obično sitno-zrnast ili koncentrično-ljuspast.

**Identifikacija:** Mineral nema sigurnih karakterističnih osobina. Za razliku od limonita, izostaju unutrašnji refleksi, a i boja je u odbijenoj svjetlosti druga.

**Način pojavljivanja:** Tenorit se nalazi u zoni raspadanja sulfidnih bakarnih rudišta, naročito u prelaznoj oblasti između oksidacione i cementacione zone. On je praćen kupritom i halkozinom. Tenorit se rijetko nalazi kao produkt eshalacije vulkana.

**Otkrivanje strukture:** Nagrizanjem sa HCl brzo se stvara tamni sloj.

### 5.3. MINERALI PRATIOCI RUDA (MINERALI JALOVINE)

Većina minerala-pratioca ruda, zbog svoje male količine odbijene svjetlosti i providnosti, mogu se vrlo teško međusobno razlikovati pod rudnim mikroskopom. U slučaju da je potrebno tačno određivanje žičnih minerala, pratioca ruda, mora se pored uglaćanog preparata izraditi i ispitati petrografski preparat ili preparat izgrađen od zrna; oba su podesna za ispitivanje u propuštenoj svjetlosti. Kod većeg broja minerala koji izgrađuju jalovinu ne mogu se pod rudnim mikroskopom, u odbijenoj svjetlosti raspoznati utisci anizotropije. Oni su vidljivi jedino kod romboedarskih karbonata.

#### MINERALI JALOVINE – BEZ PRIMJETNE ANIZOTROPIJE

##### 5.3.1. KVARC $\text{SiO}_2$

**Simetrija:** Heksagonski, hemiedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 46,9 % Si i 53,01 % O.

**Ponašanje pri glačanju:** Kvarc se i pored svoje velike tvrdine glača srazmjerno dobro. Njegova tvrdina pri brušenju veća je skoro od svih minerala ruda.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala i iznosi 4,58 % u vazduhu. Boja je mutno-siva. U ulju, kvarc postaje potpuno providan. Utisci anizotropije se ne mogu opaziti pod rudnim mikroskopom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Anizotropan jednoosan, bez izražene cjepljivosti. Javlja se u bezbojnim alotriomorfim zrnima. Neke kristalne forme usljed resorpcije mogu biti zaobljene.

**Identifikacija:** Velika tvrdina, dobro glačanje i nedostatak cjepljivosti, vrlo su karakteristični, tako da se uglavnom kvarc može odrediti pod rudnim mikroskopom.

**Način pojavljivanja:** Kvarc se javlja u svim vrstama stijena i rudišta. On je uopšte najčešći mineral – pratilac rudnih žica. Postaje na različite načine; pegmatitski, pneumatolitski, hidrotermalno, hidretogeno i magmatskim putem. Otuda je zastupljen u svim tipovima kiselih stijena. U metamorfnim stijenama je karakterističan ili kao rekristalizacioni kvarc, nastao metamorfozom ranije stvorenog kvarca. U sedimentnim stijenama može biti dvojakog porijekla; alotigeni ili autigeni, nastao u fazi dijageneze.

**Otkrivanje strukture:** U uobičajenom vremenu napada od nekoliko sekundi, kvarc je negativan prema svim sredstvima za nagrivanje.

##### 5.3.2. OLIVIN $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

**Simetrija:** Rombično, holodrijski.

**Hemizam:** U zavisnosti od procenta zamjenjivanja Mg i Fe u tipičnim olivinima, kao i u zavisnosti od zamjenjivanja Fe i Mg sa drugim elementima, koje može biti djelimično i potpuno, razlikuje se veći broj mineralnih vrsta koje pripadaju grupi olivina. Obzirom da je olivin providan mineral i uglavnom se ispituje u propuštenoj svjetlosti, ovdje se nećemo upuštati u detaljisanja.

**Ponašanje pri glačanju:** Olivin se glača prilično dobro. Tvrdina pri brušenju mu je manja od kvarca.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala i iznosi oko 5 % u vazduhu. Kod članova koji su bogati gvožđem, ona je veća, otprilike je uporediva sa količinom odbijene svjetlosti kod ceruzita; kod članova bogatih manganom, količina odbijene svjetlosti je manja, otprilike uporediva sa količinom kod barita. Prvi se mogu raspoznati

u ulju, drugi ne mogu. Utisci anizotropije ne mogu se raspoznati pod rudnim mikroskopom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Pojedini olivini sadrže čestice izdvojenog ilmenita. Karakteristično je pretvaranje u serpentin. Takve zone su vlaknaste i znatno mekše. Prilikom pretvaranja u serpentin može se stvoriti i nešto magnetita.

**Identifikacija:** Raspoznavanje olivina je teško, a može biti olakšano na osnovu parageneze i skoro redovnog pretvaranja u serpentin.

**Način pojavljivanja:** Olivin je ograničen na bazične i ultrabazične stijene i ležišta koja su vezana za njih.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši pomoću  $H_2SO_4$ , sa izdvajanjem gela  $SiO_2$ .

### 5.3.3. LISKUNI

**Simetrija:** Monoklinski i rombično.

**Hemizam:** Liskuni čine veliku i važnu grupu među filosilikatima. U hemijskom pogledu podijeljeni su na četiri grupe i to:

-kalijsko-natrijski

-magnezijsko-gvožđeviti

-litijski

-vanadijski.

U strukturnom pogledu to su tipični filosilikati sa slojevitom strukturom. U osnovi te strukture leže udvojeni slojevi  $(Si_2O_5)OH$ , koji su povezani kationima. Zavisno od vrste liskuna mijenja se i hemijski sastav.

**Ponašanje pri glačanju:** Liskuni se obično ne glačaju tako dobro kao ostali minerali jalovine. Cjepljivost se redovno može opaziti.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo mala. Kvarc, augit i hornblenda obično su svijetliji. Boja je mutno-siva. Utisci anizotropije se ne mogu raspoznati pod rudnim mikroskopom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Oblik jedinki je obično tanko ili debelo-tabličast.

**Identifikacija:** Mala količina odbijene svjetlosti, pločasto razviće i mala tvrdina – to su karakteristike liskuna. Međusobno razlikovanje različitih vrsta liskuna i hlorita je nemoguće pod rudnim mikroskopom.

**Način pojavljivanja:** Pravi liskuni su ograničeni na eruptivne stijene. Hloriti najrazličitijih vrsta često se nalaze u rudištima gdje se stvaraju na razne načine pod dejstvom hidrotermalnog pretvaranja okolnih stijena; radi toga oni ovdje imaju prilično značenje.

**Otkrivanje strukture:** Otporni prema kiselinama, boja i cjepljivost su mu sasvim dovoljne karakteristike za identifikaciju pod rudnim mikroskopom.

### 5.3.4. AMFIBOLI I PIROKSENI

**Simetrija:** Monoklinski i rombično.

**Hemizam:** Ovo je grupa pirogenih minerala koja obuhvata dva strukturna tipa: inosilikati s jednostrukim lančanim vezom  $SiO_4$ -tetraedara – pirokseni, i silikati s dva lančana niza  $SiO_4$ -tetraedara – amfiboli. I jedni i drugi su podijeljeni na rombične i monoklinske. Uglavnom čine izomorfne smjese silikata magnezija, gvožđa, kalcija, natrija i mangana.

**Ponašanje pri glačanju:** Svi minerali ovih grupa glačaju se uglavnom vrlo dobro. Samo fino-vlaknasti amfiboli se loše glačaju. Cjepljivost je kod piroksena rijetka, a kod amfibola često može opaziti. Tvrdina pri brušenju je velika, nešto niža od piritita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo mala. Boja je mutno-siva. U ulju se skoro potpuno gubi površina preparata. Utisci anizotropije ne mogu se raspoznati pod rudnim mikroskopom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Karakterišu se prizmatičnim formama i cjepljivošću duž pljosni prizme. Amfiboli i pirokseni su dosta slični, ali imaju i određenih razlika.

**Identifikacija:** Amfiboli i pirokseni su vrlo tvrdi. Amfiboli obično imaju jasnu cjepljivost. Međutim pod rudnim mikroskopom nije ih lako razlikovati.

**Način pojavljivanja:** Amfiboli i pirokseni nalaze se kao uklopci u rudi i vode porijeklo od eruptivnih stijena u kojima rudišta leže.

### 5.3.5. BARIT $BaSO_4$

**Simetrija:** Rombična, holoedrijski.

**Hemizam:** Barit je promjenljivog sastava i to od čistog barita  $BaSO_4$  do čistog celestina  $SrSO_4$ . sadrži 65,7 %  $BaO$  i 34,3 %  $SO_3$ . od primjesa može doći  $Ca$ ,  $Pb$  i  $Ra$ .

**Ponašanje pri glačanju:** Barit se uglavnom glača vrlo dobro. Ponekad se dobro vide pukotine duž cjepljivosti. Tvrdina pri brušenju je veća nego kod kalcita, a manja nego kod silikata.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo mala. U ulju površina potpuno nestaje. Utisci anizotropije ne mogu se raspoznati pod rudnim mikroskopom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Jedinke barita uvijek se razvijaju tabličasto.

**Identifikacija:** Kvarc je znatno tvrdi od barita. Za razliku od romboedarskih karbonata, barit nema visoku birefleksiju. Važna je njegova nerastvorljivost u svim kiselinama.

**Način pojavljivanja:** Barit je važan žični mineral u intruzivno i subvulkansko-hidrotermalnim ležištima. On se tu javlja najčešće kao tvorevina niže temperature. Barit je takođe rasprostranjen u sedimentnom području.

**Otkrivanje strukture:** Barit je nerastvoran u kiselinama.

### 5.3.6. FELDSPATI

**Simetrija:** Monoklinski i triklinski.

**Hemizam:** Grupa feldspata je jedna od najvažnijih mineralnih grupa i izgrađuju oko 60 % magmatskih, 30 % metamorfnih i 11,5 % sedimentnih stijena. U pogledu hemijskog sastava grupa feldspata se dijeli na:

- kalijsko-natrijske
- natrijsko-kalcijske
- kalijsko-barijske.

Sve tri grupe predstavljaju izomorfne smjese i detaljnija ispitivanja se ne mogu vršiti pod rudnim mikroskopom.

**Ponašanje pri glačanju:** Svježi feldspati glačaju se dobro. Obično su sericitizirani i kaolinizirani u području rudišta, radi čega se slabo glačaju. Pri brušenju može se zapaziti cjepljivost, koja je podređenog značaja. Tvrdina pri brušenju je otprilike ista kao kod augita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je vrlo mala i minerali se gube u ulju. Utisci anizotropije se ne mogu raspoznati pod rudnim mikroskopom.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Tipično lamelarno bližnjenje plagioklasa ne može se raspoznati pod rudnim mikroskopom. Skoro svi plagioklasi su u području rudišta, manje ili više, jako izmijenjeni. Oblik zrna je obično debelopločast.

**Identifikacija:** Rasprostranjenje feldspata ne može se sa sigurnošću izvesti pod rudnim mikroskopom. U slučaju potrebe tačnog određivanja mora se upotrijebiti i petrografski preparat.

**Način pojavljivanja:** Feldspati se najviše pojavljuju u magmatskim stijenama. U metamorfnim stijenama oni su podređenog značaja.

**Otkrivanje strukture:** Strukturno nagrizanje feldspata u mikroskopiji ruda se uglavnom ne vrši.

### 5.3.7. FLUORIT $\text{CaF}_2$

**Simetrija:** Teseralna, holoedrijski.

**Hemizam:** Sadrži 51,2 % Ca i 48,8 % F. Pored toga sadrži Cl,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , rijetke zemlje, U, Mg, Al, Na,  $\text{H}_2\text{O}$ , MgO i bituminozne materije.

**Ponašanje pri glačanju:** Fluorit se glača vrlo dobro. Često se mogu zapaziti udubljena koja nastaju usljed cjepljivosti. Tvrdina pri brušenju otprilike odgovara tvrdini halkopirita.

**Optičko ponašanje:** Fluorit ima najmanju količinu odbijene svjetlosti od svih žičnih minerala. Boja je tamno-siva. U ulju mineral se potpuno gubi. On je izotropan.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Čest je u kristalnim formama, a može se javiti i u gustim i zemljastim agregatima.

**Identifikacija:** U uglačanom preparatu fluorit se obično ne može sa sigurnošću utvrditi. U krupno-kristalastim masama karakteristična je cjepljivost.

**Način pojavljivanja:** Fluorit je čest pratilac ruda u hidrotermalnim ležištima, naročito u intruzivno-hidrotermalnim žicama.

**Otkrivanje strukture:** Nagrizanje se obično ne vrši pri ispitivanju u rudnom mikroskopu.

## MINERALI JALOVINE SA JASNOM ANIZOTROPIJOM

### 5.3.8. SIDERIT $\text{FeCO}_3$



**Sl.81.** Siderit, limonit, pirit. Great Cakley, V. Britanija





**Sl.82.** Siderit, pirit i markasit. Great Cakley, V. Britanija

**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Pored glavnih elemenata Fe i  $\text{Co}_2$ , ukazuje se na dosta nepostojan hemijski sastav siderita, jer sadrži izomorfne primjese Mn, Mg, Ca, a osim toga i mehaničke primjese. Mn u rešetci siderita vrlo često zamjenjuje Fe u većoj količini, tako da kod kristalne rešetke siderita, kod koje je oko polovinu iona Fe zamijenjeno sa Mn, dobija se prelazni član izomorfne serije siderit-rodohrozit, tzv. oligonit. Siderit kod koga je cjelokupni Fe zamijenjen sa Mn, prelazi u rodohrozit.

**Ponašanje pri glačanju:** Siderit se uvijek glača vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju odgovara tvrdini svalerita.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala, ali je veća nego kod kalcita i dolomita. Ona iznosi 7,5 % u vazduhu. Ona je gotovo ista kao smitsonita i rodohrozita, a nešto manja nego kod ceruzita, anglezita i piromorfita. Količina odbijene svjetlosti jako se smanjuje u ulju. Nasuprot kalcitu i dolomitu, neobični (ekstraordinarni) zrak ("e") još uvijek se malo odbija u ulju. Birefleksija u vazduhu je jasna, u ulju usljed mnogobrojnih unutrašnjih refleksa – prekrivena. Utisci anizotropije se usljed mnogobrojnih unutrašnjih refleksa, jedva mogu opaziti. Boja unutrašnjih refleksa je bijela do žuto-bijela.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarna bližnjenja kod siderita znatno su rjeđa nego kod kalcita. Pojedina zrna često su idiomorfna i izgrađuju romboedre. U masama, veličina zrna može se mijenjati u širokim granicama.

**Identifikacija:** Siderit je u uglačanim preparatima potpuno isti kao i smitsonit i rodohrozit. Od kalcita i dolomita razlikuje se po većoj količini odbijene svjetlosti.

**Način pojavljivanja:** Siderit se nalazi u mnogobrojnim i različitim paragenezama. Njegovo glavno rasprostranjenje vezano je za hidrotermalno područje, gdje ponekad izgrađuje čitava rudišta. U sitno-zrnastim masama siderit se pojavljuje i u mnogobrojnim sedimentnim ležištima.

**Otkrivanje strukture:** Pri kratkotrajnom napadu siderit je srazmjerno otporan prema svim sredstvima za grizanje.

### 5.3.9. KALCIT $\text{CaCO}_3$

**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 56 % CaO i 44 %  $\text{CO}_2$ . Ca može biti izomorfno zamijenjen sa Mg, Fe, Mn i Zn.

**Ponašanje pri glačanju:** Kalcit se glača bez poteškća i vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju je mala.

**Optičko ponašanje:** Količina odbijene svjetlosti je mala i iznosi oko 5 % u vazduhu. Boja je mutno-siva. Birefleksija je u vazduhu jasna; u ulju se običan zrak ("o") može još odbijati, dok se neobični zrak ("e") – gubi. Utisci anizotropije su visoki, ali se jedva mogu zapaziti usljed mnogobrojnih unutrašnjih refleksa.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje je gotovo uvijek prisutno. Oblik zrna je vrlo različit.

**Identifikacija:** Za razlikovanje od drugih žičnih minerala, pratioca ruda služi jaka birefleksija kalcita. Romboedarski karbonati se međusobno mogu teško razlikovati. Siderit, ceruzit i smitsonit imaju veću količinu odbijene svjetlosti. Od dolomita se razlikuje po napadu sa HF.

**Način pojavljivanja:** Kalcit je izvanredno širokog rasprostranjenja; uglavnom izostaje samo u tvorevinama vrlo visokih temperatura.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje se vrši sa HF poslije djelovanja 1 do 2 minute. Nakon toga nastaje  $\text{CaF}_2$ , koji irizira i koji dozvoljava vrlo lijepo raspoznavanje strukture, pošto se različito orijentisane jedinice različito oboje. Napad je važan za razlikovanje od dolomita, kod koga se ne stvara takav talog.

### 5.3.10. DOLOMIT $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

**Simetrija:** Heksagonski, romboedarska hemiedrija.

**Hemizam:** Sadrži 30,4 %  $\text{CaO}$ , 21,7 %  $\text{MgO}$  i 47,9 %  $\text{CO}_2$ , a kao primjese Fe, Mn, Zn, Ni, Co. Pored  $\text{CaO}$  i  $\text{MgO}$  ankerit sadrži i 18,77 %  $\text{FeO}$ .

**Ponašanje pri glačanju:** Dolomit se glača vrlo dobro. Tvrdina pri brušenju je nešto veća nego kod kalcita.

**Optičko ponašanje:** Ponašanje odgovara ponašanju kalcita.

**Unutrašnja građa i sklop zrna:** Lamelarno bližnjenje je znatno rjeđe nego kod kalcita. Dolomit pokazuje veliku težnju ka izgradnji romboedarskih kristalnih oblika.

**Identifikacija:** Zamjena sa drugim romboedarskim karbonatima je moguća. Od kalcita se razlikuje izostajanjem pojave bojenja, poslije napada sa HF. Od smitsonita, rodohrozita i siderita manjom količinom odbijene svjetlosti, naročito u ulju.

**Način pojavljivanja:** Dolomit se nalazi u istim vrstama stijena i ležišta kao i kalcit. On je čest pratilac ruda kod metasomatskih pojava potiskivanja.

**Otkrivanje strukture:** Otkrivanje strukture u mikroskopiji ruda se uglavnom ne vrši.

## REGISTAR POJMOVA

### A

albandin 18, 36  
alemontit 67  
alkohol 13  
alkoholni rastvor joda 13  
alotriomorfni zrnasti agregati 10  
aluminijum oksid 6  
amfiboli i pirokseni **107**  
amonijak 13  
anabergit 40  
anglezit 17, **62**  
anivit 44  
antimon 17, **67**  
antimonit 17, **72**  
apsorbujući minerali 8  
argentit 17, **53**  
arsen 17, **67**  
arsenopirit 17, 69  
arsenopolibazit **56**  
atakama 30  
auripigment 17, 18, **84**  
azotna kiselina 13  
azurit 15, 17, **62**

### B

bakar 18, **32**  
barit **108**  
bazalti 51  
bazične stijene 51  
Becke-ova linija 11  
Berek M. 19  
Bermanec 112  
birefleksija 10, 22  
bizmut 17, **78**  
bizmutinit 17, **72**  
blenda 3  
bližnjenje kristala 10  
bornit **41**, 65  
braithauptit 18, **96**  
braunit 17, **58**  
bravoit **39**  
bregerit 40  
brom 13  
bromovodonična kiselina 13

bulanžerit 17, **75**  
burnonit 17, **55**

## **C**

carska voda 13  
cementaciona zona bakarnih sulfidnih ležišta 42  
cera alba 42  
ceruzit 15, **94**  
cinabarit 15, 17, **84**  
Cisarz 20, 112  
cjepljivost 10  
cjepljivost nastala brušenjem 10  
cjepljivost nastala nagrizanjem 11

## **Č**

češka 30

## **D**

deckglas 4  
deformacije 10, 26  
dijagnoza pomoću nagrizanja 12  
diskrazit 67  
dolomit **111**  
Duler R.P. 112

## **Dž**

džemsonit 17, **74**

## **E**

eliptično polarisana svjetlost 24  
eliptična polarizacija 24  
elektrohemijsko dejstvo 13  
Ehrenberg 21  
enargit 42, **100**  
epoksi smole 7

## **F**

famantit 18, **101**  
feldspati **108**  
ferberit 60  
fluorit **109**  
fluorovodonična kiselina 13  
Fontbote L. 112  
fotoelektrične ćelije 20  
fotometar 15

## G

gabro-dijabazi 51  
galenit 10, 17, 32  
galvanske potencijalne sile 12  
gejkilit 103  
gelsdorfit 41  
grafit 17, **88**  
grinkoit 18

## H

halkopirit 12, 15, **63**  
halkozin **43**  
harcburgiti 51  
hausmanit 17, **91**  
heksagonski sistem 8  
hematit 15, 17, **86**  
hemijske osobine (nagrizanje) 12  
hibernit 60  
hidroksidi gvožđa **90**  
hidrotermalni produkt 52  
hlorovodonična kiselina 13  
hromit 15, 17, **50**  
hrommagnetit 49  
hromna kiselina 13  
hrom oksid 7

## I

igličasta gvozdена ruda 17, **91**  
ilić M. 112  
ilmenit 12, 17, **103**  
indeks prelamanja 22  
inkluzije 12  
lidvajanja 10, **12**  
Ixler R.A. 112

## J

jakobsit 49  
jod 13  
jodovodonična kiselina 13

## K

kalajno drvo (hollzin) 93  
kalцит **110**  
kalijum cijanid 13  
kalijum ferocijanid 13  
kalijum hidroksid 13

kalijum hlorat 13  
kalijum jodid 13  
Kanada 30  
kapilarne cjevčice 12  
Karamata 112  
karborundum 5  
kasamit 30  
kasiterit 17, **92**  
katerit 39  
kedrovo ulje 4  
kermesit 17, **84**  
kleveit 52  
klizne površine 10  
kobaltin 20, **53**  
kobaltpentlandit 40  
kobalt-pirit 37  
koeficijent apsorpcije 9  
kogenit 30  
količina odbijene svjetlosti 10, 26  
kolumbit-tantalit 17, **58**  
kohezivne osobine 10  
konsbreg 30  
kontaktno-metasomatske tvorevine 46  
kotur 5  
Kovačević R. 112  
kkovelin 18, **99**  
kristalografska os c 8  
ksilol 5  
kubanit 18, 97  
kuprit 15, 18, **65**  
kvarc 16, **106**

## L

lamelarno bližnjenje 26  
lamelarni halkozin 18, **43**  
laurit 37  
lelingit 17, **71**  
linearno polarisana svjetlost 24  
lineit 17, **40**  
liskuni **107**  
lorandit 17, **86**  
luzonit **101**

## M

malahit 15, 17, **61**  
magnetit 10, 12, 17, **48**



magnezija ust 7  
maldonit 31  
manganit 17, **92**  
marinsko-sedimentna ležišta sumpornog ciklusa 42  
markasit 18, **79**  
marmatit 37  
martitizacija 49  
mašina za brušenje 5  
mauherit **46**  
melinkovit-pirit 38  
metalno srebro 13  
metalografski mikroskop 10  
meteorsko željezo 30  
miargirit 83  
mikrofotometar 19, 22  
mikroskopski tubus 2  
milerit **95**  
minerali jalovine 15, 17, **106**  
moć odbijanja 15  
molibdenit 17, **76**  
monoklini kristali 8  
morfološke osobine 10

## **N**

nadjagit 17  
nagrivanje pod uticajem svjetlosti **13**  
najmanja atomska gustina 12  
natrijum hipohlorid 13  
nigrin 89  
nikolova prizma  
niklonosni pirhotin 12  
nikal 12  
nikelin 18, 20, **95**  
nivenit 52  
nonijus 19  
noriti 51  
nuggets 29  
numerička apertura 5

## **O**

objektiv 2,3  
objektivi za imerziju 4  
oblik kristala 10  
okular 3  
olivin 51, **106**  
olivinski gabrovi 51

olovo 31  
opak iluminator 2  
opal 94  
optički anizotropni 27  
optička indikatriša 8  
optički dvoosni kristali 8  
optički izotropni kristali 8, 27  
optički jednoosni kristali 8  
Orcel 21  
osi apsorpcije 9  
osi polarizacije 9  
osi zavijanja 9  
otkrivanje strukture 12

## P

parisko crvenilo 7  
pauvelit 77  
pentlandit 12, 40  
pirargirit 15  
pirargirit-prustit 17, **82**  
pirit 10, **37**  
pirhotin 12, 18, **98**  
pirokseniti 51  
pirolizit-polijanit 17, **80**  
pirofanit 103  
platina 17, **28**  
planparalelna staklena pločica 2  
plavi halkozin 18, **43**  
pegmatitske tvorevine 46  
petrografski mikroskop 3  
pentlandit 18  
polarizaciona prizma 19  
polarizacioni mikroskop 11  
polibazit-pearcit 17, **56**  
porpecit 31  
preparat 2  
prizma 2  
prustit 15  
psilomelan 17, **81**

## R

radioaktivno olovo 52  
Radukić G. 112  
Ramdhor 21, 112  
ramelsbergit **68**  
rastvaranje 12

razvijanje gasova 12  
reaglar 17, **57**  
refleksni pleohroizam 10, 22  
reljef 10  
reljef nagrivanja 13  
Ristić P. 112  
rodit 31  
rombični halkozin 18, **43**  
rombični kristali 8  
rombični presjeci 10  
Rösler H.J. 112  
rotacione površine 8  
rudni mikroskop **2**,  
rubinski liskun 17, **90**  
rutil 17, **89**  
ružičasto-sivi halkozin 17, **43**

## **S**

saflorit 10,  
saflorit-ramelsbergit 17, **68**  
samородni metali 20  
samородno zlato 28  
Schneiderhorn 11  
siderit 109  
singularne osi 9  
sirćetna kiselina 13  
silvanit 18, **78**  
sjenke brušenja 6  
sklop zrna 10, 26  
skuterudit **47**  
smaltin-hloantit 17, **47**  
smitsonit 17, **94**  
sperlit 37  
spinel 12  
sposobnost za glačanje 11  
srebro 15, 17, **29**  
stanin 17, **102**  
stefanit 17, **86**  
stromajerit 44  
struktura 10  
stvaranje taloga 12  
sumporni ciklus 35  
sumporna kiselina 13  
svalerit 12, 15, 35  
svjetlosna linija **11**,

## T

tantalit 18  
tekstura 10  
telursko željezo 30  
tenantit **44**  
tenit 30  
tenorit **104**  
tetraedrit (fajbergit) 18, **44**  
tetraedrit (švacit) 18, **44**  
tetraedrit (tenantit) 18, **44**  
tetragonski sistem 8  
titanomagnetit 12, 49  
ton-erde 7  
transformacija 26  
trevoit 49  
trigonski sistem 8  
triklinski kristali 8  
troilit 98  
Trubelja F. 112  
tvrdina paranja 11  
tvrdoća 10, **11**,  
tvrdoća pri brušenju 11

## U

ulmanit 41  
ultrabazične stijene 51  
undulatorno pomračenje 26  
uniradijalna odbijanja 22  
unutrašnja građa 10, 26  
unutrašnji refleksi 10, 18  
unutrašnje odbijanje 18  
uraninit 17, **51**  
utisak boje 10, **15**,  
utisak (efekat) anizotropije 10, 22  
utisak odbijanja svjetlosti 10

## V

vaesit 39  
veličina moći odbijanja 10  
violarit 39  
vircit 17, **57**  
vitejnit 32  
vodonik peroksid 13  
volframit 17, **60**

**W**

Windmannstattenove figure 30

**Z**

zlato 15, **31**

zlatonosni bakar 32

zonarnost 10

zone narastanja 10

**Ž**

Željezo 30

## LITERATURA:

Bermanec V. (1999): Sistematska mineralogija – mineralogija nesilikata, Targa, Zagreb

Cissarc A. (1950): Uputstvo za upotrebu rudnog mikroskopa, Beograd

Fontbote L. (2004): Introduction to ore microscopy, University of Geneva, Ženeva

Ilić M., Karamata S. (1978): Specijalna mineralogija, prvi dio (pregled petrogenih minerala) Ics Beograd

Ilić M. (1978) Specijalna mineralogija, drugi dio (pregled metaličnih minerala) Ics Beograd

Ixser R.A., Duller R.P. (1998): Virtual atlas of opaque and ore minerals in their associations. Department of Geological Sciences, Birmingham University.

Radukić G. (1996): Tabelarni pregled optičkih osobina minerala koji izgrađuju stijene, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Ramdohr P. (1962): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag, Berlin.

Ristić P, Kovačević R. (1983): Specijalna mineralogija, Univerzitet u Tuzli, RGF Tuzla

Rösler H.J. (1984): Lehrbuch der Mineralogie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.

Salihović S. (2001): Kristalografija, Univerzitet u Tuzli, RGGF Tuzla

Trubelja F. (1991) Uvod u mineralogiju, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.