

# III. OKSIDI (UKLJUČUJUĆI OKSIHIDROKSIDE I HIDROKSIDE)



Doc. dr. sc. Andrea Čobić

Sistematska mineralogija (36213)

Akad. god. 2024./2025.

# III. OKSIDI (UKLJUČUJUĆI OKSIHIDROKSIDE I HIDROKSIDE)

- široka upotreba minerala razreda oksida:
  - njihovom preradom se dobivaju važni metali kao što su željezo, mangan, aluminij ili uran (hematit, piroluzit, dijaspor, uraninit, redom)
  - za druge grane kao što su kemijska industrija, farmacija, visoka tehnologija (heksagonski feriti – bitni za razvoj telekomunikacijske grane)
  - korisne tvari za građevinarstvo: vapno i portlandit
  - izuzetno značenje u istraživanju postanka stijena (minerali grupe spinel, kao i minerali koji sadrže REE)
    - pojedini minerali razreda oksida posjeduju kristalnu strukturu tipa heksagonske ili kubične guste slagaline
  - kao ukrasno ili drago kamenje



## III.1. OKSIDI $A_2O$

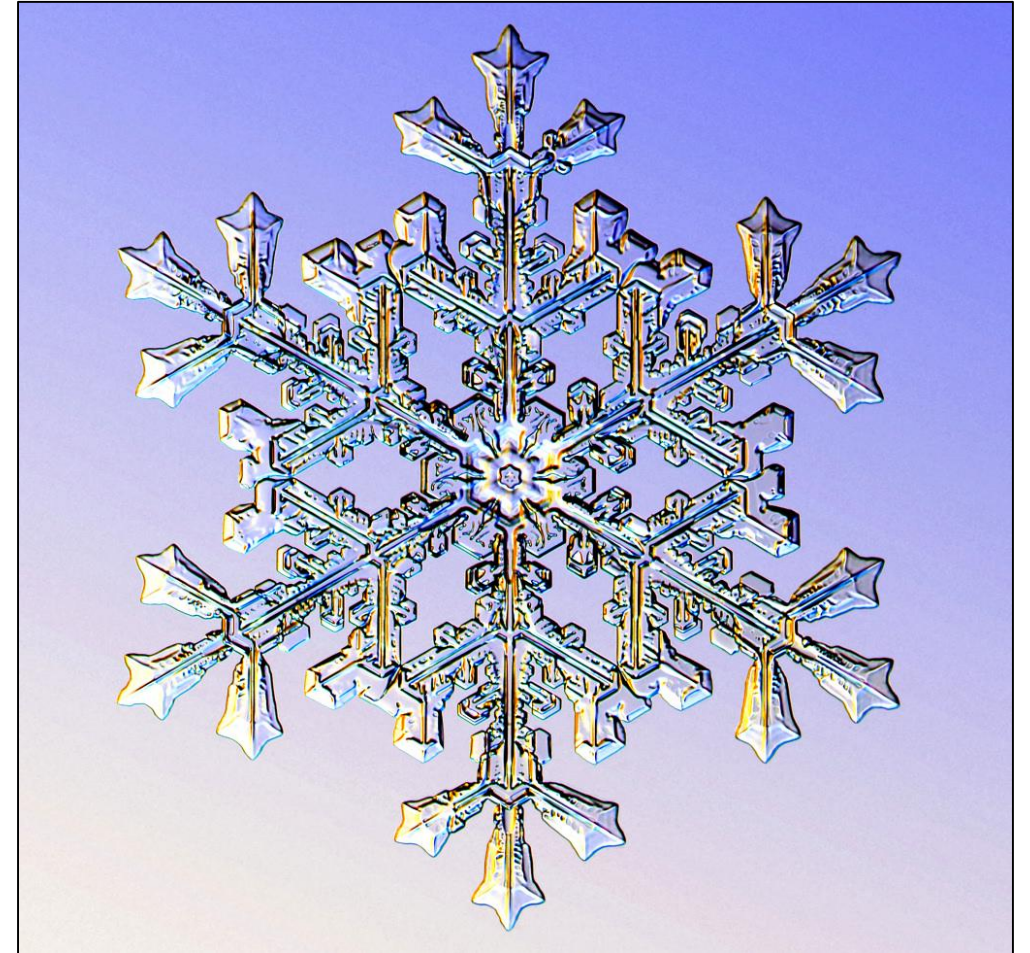
- led -  $H_2O$

- kuprit -  $Cu_2O$



# LED - H<sub>2</sub>O

- **KRISTALNI SUSTAV:** heksagonski
- **HABITUS:** sitno do krupnozrnati agregati (snijeg i led). Ako precipitira iz parovitog stanja mogu nastati skeletni kristali u obliku šesterostranih zvjezdica. Sraslaci po baznom pedionu {0001} i {000 $\bar{1}$ }.
- **TVRDOĆA:** 1½
- **GUSTOĆA:** na -1°C - 0,9167; maksimalna na 4°C – 0,999973.
- **KALAVOST:** nema.
- **LOM:** školjkast.
- **BOJA I CRT:** led – bezbojan i transparentan, u debelim slojevima postaje svijetloplav do svijetlozelen, ali je često bijel zbog uklopljenih mjehurića zraka. Voda je slična. Crt je bijel.
- **SJAJ:** staklast.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** u polarnim krajevima, zimi i na visokim nadmorskim visinama.
- **LOKALITETI:** diljem svijeta.



## KUPRIT - $Cu_2O$

- KRISTALNI SUSTAV: kubični
- KRISTALNI RAZRED:  $4/m\bar{3}2/m$
- PROSTORNA GRUPA:  $Pn\bar{3}m$
- HABITUS: kristali oktaedarskog, rjeđe dodekaedarskog ili heksaedarskog habitusa. Kao masican, zemljast ili zrnati agregat.
- TVRDOĆA:  $3\frac{1}{2}$  - 4
- GUSTOĆA: 6,14.
- KALAVOST: slaba po {111}.
- LOM: školjkast do neravan.
- BOJA I CRT: razne nijanse crvene, uglavno dubokocrven do crn. Crt je smeđastocrven.
- SJAJ: dijamantan do polumetalan (mutan ili zagasit).
- NAČIN POJAVLJIVANJA: u oksidacijskim zonama ležišta bakra.
- LOKALITETI: Rusija (Jekaterinburg, Nižnij Tagilsk – lijepe kristalne druze), Namibija (Tsumeb)... u rudnicima bakra: Australija (Broken Hill), Kongo (Katanga/Shaba), Čile (Chuquicamata)...



## III.2. OKSIDI AO

- GRUPA PERIKLASA
  - periklas –  $\text{MgO}$
  - vapno -  $\text{CaO}$
- cinkit –  $(\text{Zn},\text{Mn})\text{O}$
- tenorit -  $\text{CuO}$



# III.3. OKSIDI $A_3O_4$

## ▪ III.3.B. oksidi $AB_2O_4$

### GRUPA SPINELA

**Spinel**  $MgAl_2O_4$ , Brunogeierit  $(Ge^{2+}, Fe^{2+})Fe^{3+}_2O_4$ , Cokromit  $(Co, Ni, Fe^{2+})(Cr, Al)_2O_4$ , Coulsonit  $Fe^{2+}V^{3+}_2O_4$ , **Franklinit**  $(Zn, Mn^{2+}, Fe^{2+})(Fe^{3+}, Mn^{3+})_2O_4$ , **Gahnit**  $ZnAl_2O_4$ , Galaxit  $(Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg)(Al, Fe^{3+})_2O_4$ , **Hercinit**  $Fe^{2+}Al_2O_4$ , Jakobsit  $(Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg)(Fe^{3+}, Mn^{3+})_2O_4$ , **Kromit**  $Fe^{2+}Cr_2O_4$ , Kuprospinel  $(Cu^{2+}, Mg)Fe^{3+}_2O_4$ , **Magneziokromit**  $MgCr_2O_4$ , **Magnezioferit**  $MgFe^{3+}_2O_4$ , **Magnetit**  $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$ , Mangankromit  $(Mn^{2+}, Fe^{2+})(Cr^{3+}, V^{3+})_2O_4$ , Nikromit  $(Ni, Co, Fe^{2+})(Cr^{3+}, Fe^{3+}, Al)_2O_4$ , Qandilit  $(Mg, Fe^{2+})_2(Ti, Fe^{3+}, Al)O_4$ , Trevorit  $NiFe^{3+}_2O_4$ , Ulvöspinel  $TiFe^{3+}_2O_4$ , Vuorelainenit  $(Mn^{2+}, Fe^{2+})(V^{3+}, Cr^{3+})_2O_4$ , Cinkokromit  $ZnCr_2O_4$

#### NIZ ALUMINIJSKIH SPINELA

spinel –  $MgAl_2O_4$

gahnit -  $ZnAl_2O_4$

hercinit -  $FeAl_2O_4$

#### NIZ ŽELJEZNIH SPINELA

magnetit –  $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$

franklinit –  $(Zn, Mn, Fe)(Fe, Mn)_2O_4$

magnezioferit -  $MgFe_2O_4$

#### NIZ KROMNIH SPINELA

kromit –  $FeCr_2O_4$

magnezioferit -  $MgCr_2O_4$

▪ hausmannit –  $MnMn_2O_4$

▪ krizoberil –  $BeAl_2O_4$



### III.3.B. oksidi $AB_2O_4$ - GRUPA SPINELA (NIZ ALUMINIJSKIH SPINELA)

## SPINEL - $MgAl_2O_4$

- KRISTALNI SUSTAV: kubični
- KRISTALNI RAZRED:  $4/m\bar{3}2/m$
- PROSTORNA GRUPA:  $Fd\bar{3}m$
- KRISTALNA STRUKTURA: kubična gusta slagalina atoma kisika.
- HABITUS: kristali su uglavnom oktaedarskog habitusa, rijetko heksaedarskog i dodekaedarskog. Uobičajeni su sraslaci (ponekad polisintetski) po  $\{111\}$  → *spinelski sraslački zakon*.
- TVRDOĆA:  $7\frac{1}{2}$  - 8
- GUSTOĆA: 3,581 (izračunata).
- KALAVOST: nema, ali postoji lučenje po  $\{111\}$ .
- LOM: školjkast.
- BOJA I CRT: boja varira od crvene, zelene, plave, smeđe do crne. Crt je bijel.
- SJAJ: staklast.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: uobičajeni metamorfni mineral u mramorima, gnajsevima i serpentinitima. Čest u pijescima i konglomeratima, te kao akcesoran u bazičnim magmatskim sstijenama. Vezani uz visokotemperaturne parageneze.
- LOKALITETI: kao dragi kamen - Rusija (Ural, Zlatoust, Jakutija), Šri Lanka (Rakwana), Mjanmar ...



## GAHNIT - $ZnAl_2O_4$

- KRISTALNI SUSTAV: kubični
- KRISTALNI RAZRED:  $4/m\bar{3}2/m$
- PROSTORNA GRUPA:  $Fd3m$
- KRISTALNA STRUKTURA: kubična gusta slagalina atoma kisika.
- HABITUS: kristali su uglavnom oktaedarskog habitusa, rijetko heksaedarskog i dodekaedarskog. Može se naći u krupnozrnatim agregatima ili zaobljenim zrnima. Uobičajeni su sraslaci (ponekad polisintetski) po  $\{111\}$  → *spinelski sraslački zakon*.
- TVRDOĆA:  $7\frac{1}{2}$  - 8
- GUSTOĆA: 4,607 (izračunata).
- KALAVOST: nema, ali postoji lučenje po  $\{111\}$ .
- LOM: školjkast do neravan.
- BOJA I CRT: zelenkastocrn, plavkastocrn, tamno plavozelen, zelen, smeđ ili žućkast. Crt je sivkast.
- SJAJ: staklast do voštan.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: uglavnom u metamorfnim stijenama: mramorima, rudnim ležištima nastalim potiskivanjem drugih minerala. Kao rezistat u šljuncima i pijescima.
- LOKALITETI: Makedonija (Nežilovo), Švedska (Fahlun, Riddarhyttan)...





Nežilovo, Makedonija

## MAGNETIT – $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$

- KRISTALNI SUSTAV: kubični
- KRISTALNI RAZRED:  $4/m\bar{3}2/m$
- PROSTORNA GRUPA:  $Fd3m$
- KRISTALNA STRUKTURA: kubična gusta slagalina atoma kisika.
- HABITUS: kristali su rjeđi, uobičajeno oktaedarskog habitusa. Mogu biti jako prutani, s grubim plohami, te mogu imati zaobljene bridove. Uobičajeni su sraslaci (ponekad polisintetski) po  $\{111\}$  → *spinelski sraslački zakon*.
- TVRDOĆA:  $5\frac{1}{2}$  -  $6\frac{1}{2}$
- GUSTOĆA: 5,175 (mjerena); 5,197 (izračunata).
- KALAVOST: : nema, ali postoji lučenje po  $\{111\}$ .
- LOM: неправиан do poluškoljkast.
- BOJA I CRT: sivocrna do željeznocrna. Crt je čeličnocrn.
- SJAJ: metaličan.



### III.3.B. oksidi $AB_2O_4$ - GRUPA SPINELA (NIZ ŽELJEZNIH SPINELA)

## MAGNETIT – $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$

- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** jedan od najraširenijih oksidnih minerala te se javlja u raznim geološkim sredinama. Koncentrira se kao magmatski segregat, rezistat ili metasomatska tijela pa čini značajne i vrlo kvalitetne rudne pojave. Može doći kao rezultat magmatske segregacije, akcesoran u kiselim magmatskim stijenama, metamorfnim ležištima, granitskim pegmatitima, visokotemperaturnim hidrotermalnim žilama u asocijaciji sa sulfidima, u fumarolama, nanosima tekućica, rijetko u oksidacijskim zonama trošenja, te u kamenim meteoritima.
- **LOKALITETI:** Švedska (Kiruna, Gellivare), Austrija (Tirol, Zillerthal), Južnoafrička Republika (Bushveld)...
- **POSEBNA SVOJSTVA:** izrazito je feromagnetičan – prvi takav materijal kojeg je čovjek upoznao.





### III.3.B. oksidi AB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>- GRUPA SPINELA (NIZ ŽELJEZNIH SPINELA)

## FRANKLINIT – (Zn, Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>)(Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

- **KRISTALNI SUSTAV:** kubični
- **KRISTALNI RAZRED:** 4/m $\bar{3}$ 2/m
- **PROSTORNA GRUPA:** Fd3m
- **KRISTALNA STRUKTURA:** kubična gusta slagalina atoma kisika.
- **HABITUS:** kristali su najčešće oktaedarskog habitusa, ali se sreću i dodekaedarski. Kristali mogu biti jako prutani i mogu imati zaobljene bridove. Uobičajeni su sraslaci (ponekad polisintetski) po {111}. U masivnim, kompaktnim, sitno do krupnozrnatim agregatima.
- **TVRDOĆA:** 5½ - 6½
- **GUSTOĆA:** 5,07 – 5,22 (mjerena); 5,163 (izračunata).
- **KALAVOST:** : nema, ali postoji lučenje po {111}.
- **LOM:** nepravilan do poluškoljkast.
- **BOJA I CRT:** sivocrna do željeznocrna. Crt je crvenkastosmeđ do crn.
- **SJAJ:** metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** uglavnom u rudnim ležištima, uz metamorfne minerale.
- **LOKALITETI:** SAD (Franklin , New Jersey – tipski lokalitet)



### III.3.B. oksidi $AB_2O_4$ - GRUPA SPINELA (NIZ KROMITNIH SPINELA)

## KROMIT - $FeCr_2O_4$

- **KRISTALNI SUSTAV:** kubični
- **KRISTALNI RAZRED:**  $4/m\bar{3}2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:**  $Fd\bar{3}m$
- **KRISTALNA STRUKTURA:** kubična gusta slagalina atoma kisika.
- **HABITUS:** kristali su rijetki, a uobičajeno se pojavljuje u krupnozrnatim agregatima.
- **TVRDOĆA:**  $5\frac{1}{2}$
- **GUSTOĆA:** 4,5 – 4,8 (mjerena), 5,09 (izračunata).
- **KALAVOST:** nema.
- **LOM:** neravan.
- **BOJA I CRT:** crna. Crt je smeđ.
- **SJAJ:** metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** u olivinskim ultrabazičnim stijenama. Često se nađe u meteoritima
- **LOKALITETI:** Bushveld (Južna Afrika), Turska (Smirna), Kuba (Moa), Albanija...



# Podiformni kromit, Glogovac, Kosovo

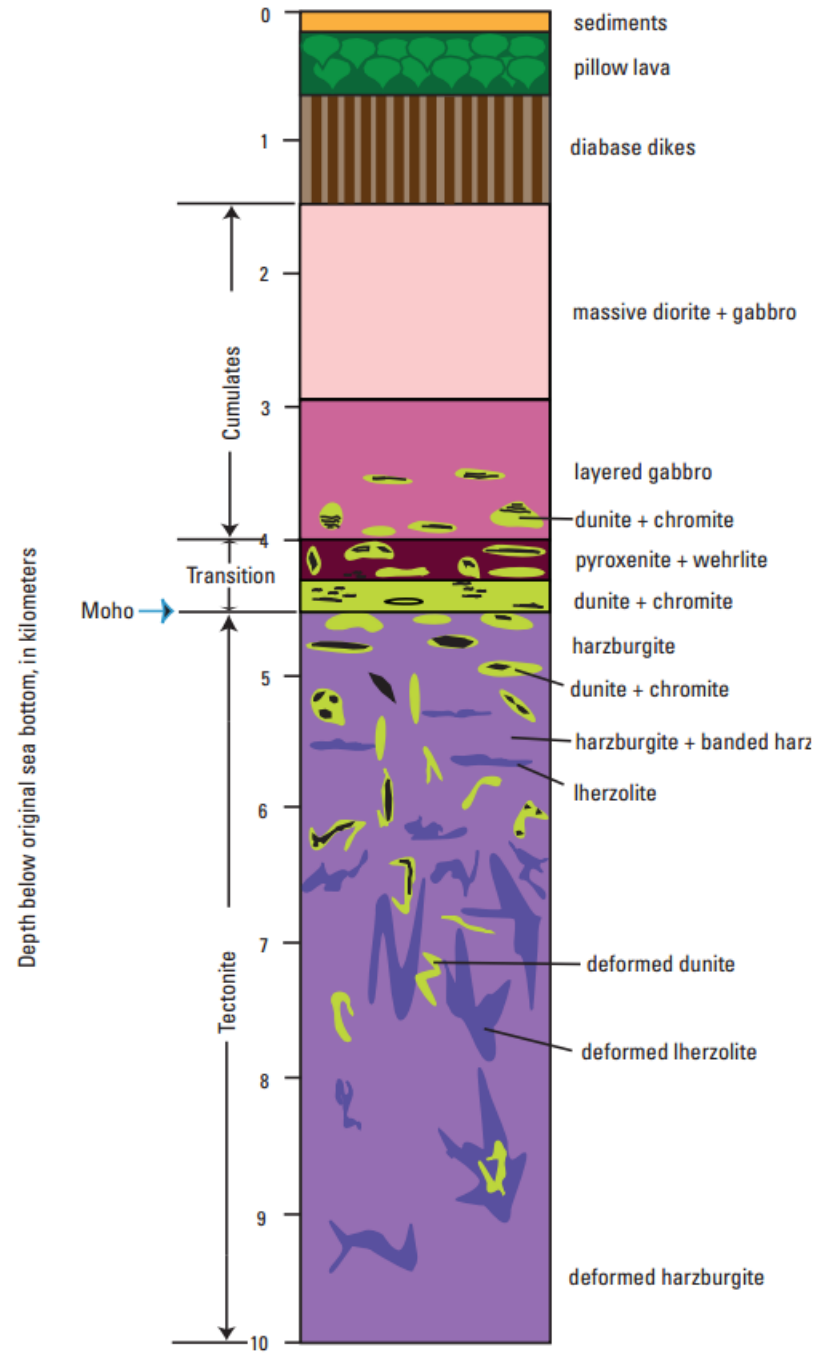
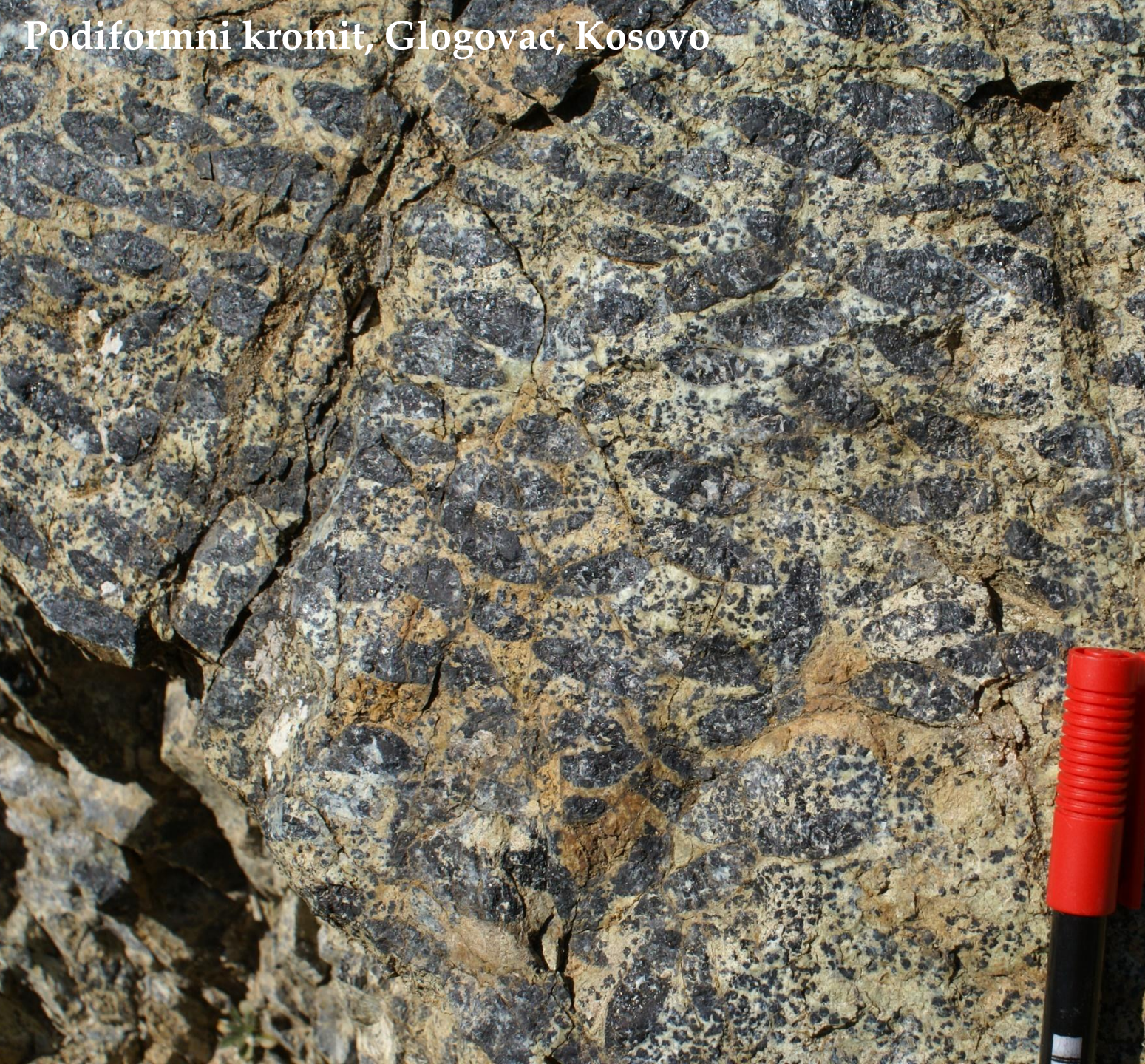
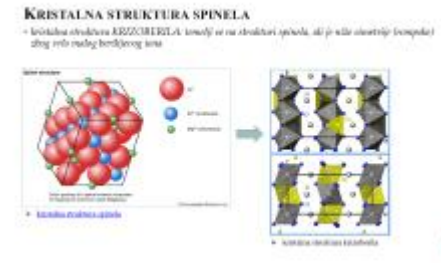


Figure 3. Generalized stratigraphic column of an ophiolite sequence showing the zones with their lithologies and the distribution of podiform chromite (black blebs) (modified after Dickey, 1975; Laurent and Kacira, 1987; and Leblanc, 1987).

## HAUSMANNIT – $MnMn_2O_4$

- **KRISTALNI SUSTAV:** tetragonski
- **KRISTALNI RAZRED:**  $4/m\ 2/m\ 2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:**  $I4_1/amd$
- **HABITUS:** masivan, zrnat ili kao pseudooktaedarski kristali: kristali imaju sjajne, glatke plohe. Ponekad se pojavljuju sraslaci, čak i petorci.
- **TVRDOĆA:**  $5\frac{1}{2}$
- **GUSTOĆA:** 4,84 (mjerena i izračunata).
- **KALAVOST:** po {001} gotovo savršena, a po {112} i {011} nejasna.
- **LOM:** neravan.
- **BOJA I CRT:** smečkastocrna. Crt je kestenjastosmeđ.
- **SJAJ:** staklast.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** u visokotemperaturnim hidrotermalnim žilama, u kontakno-metamorfnim stijenama, kao produkt rekristalizacije sedimentnih ležišta mangana.
- **LOKALITETI:** Njemačka (Ilmenau i Ilfeld), Švedska...





## KRIZOBERIL – $BeAl_2O_4$

- KRISTALNI SUSTAV: rompski
- KRISTALNI RAZRED:  $2/m 2/m 2/m$
- PROSTORNA GRUPA:  $Pm\bar{3}n$
- KRISTALNA STRUKTURA: temelji se na kristalnoj strukturi spinela
- HABITUS: obično u debelopločastim kristalima, rijetko kratkoprizmatskim. Česta su prutanja po plohi  $\{001\}$  paralelno s kristalografskom osi  $a$ . Samo ponekad u agregatima. Sraslaci po  $\{130\}$  – dvojci ili trojci → *pseudoheksagonski habitus*.
- TVRDOĆA:  $8\frac{1}{2}$
- GUSTOĆA: 3,75 (mjerena); 3,69 (izračunata).
- KALAVOST: jasna po  $\{110\}$ , nesavršena po  $\{010\}$ , slaba po  $\{001\}$ .
- LOM: neravan do poluškoljkast.
- BOJA I CRT: zelen u raznim nijansama, žut, smeđ, crven. Može mijenjati boju ovisno o izvoru svjetlosti → *aleksandrit efekt*.
- SJAJ: staklast.
- NAČIN POJAVLJIVANJA: u pegmatitima, aplitima, tinjčevim škriljavcima, rijetko u dolomitskim mramorima i u nanosima.





## KRIZOBERIL – $BeAl_2O_4$

- **LOKALITETI:** Ural (u glinenim škriljavcima rijeke Takovaje – tipski lokalitet za aleksandrit), na Šri Lanki (varijeteti s efektom mačjeg oka), u Brazilu (aleksandrit) te na Madagaskaru
- **DRAGI VARIJETETI:**
  - *aleksandrit*
    - efekt aleksandrita: efekt promjene boje minerala ovisno o svjetlu u kojem ga promatramo
    - uzrok ove pojave je selektivna apsorpcija određenih valnih duljina iz svjetlosnog spektra (dnevno i umjetno svjetlo nemaju isti spektralni sastav).
  - *krizoberil koji pokazuje efekt mačjeg oka*
    - krizoberil koji ima uklopljen goethit ili aktinolit pa se na tim uklopcima svjetlost lomi pod drugačijim kutem nego u okolnom materijalu



## III.4. OKSIDI $A_2O_3$

### ▪ GRUPA KORUNDA - HEMATITA

- korund –  $Al_2O_3$
- hematit –  $Fe_2O_3$
- eskolait –  $Cr_2O_3$
- karelianit –  $V_2O_3$

### ▪ NIZ ILMENITA

- ilmenit –  $FeTiO_3$
- ecandrewsit –  $ZnTiO_3$
- geikielit –  $MgTiO_3$
- pirofanit –  $MnTiO_3$

▪ arsenolit –  $As_2O_3$

▪ senarmontit –  $Sb_2O_3$

▪ valentinit –  $Sb_2O_3$

▪ byxbyit –  $(Mn,Fe)_2O_3$

▪ braunit –  $Mn^{2+}Mn^{3+}_6SiO_{12}$

### ▪ GRUPA PEROVSKITA

▪ perovskit –  $CaTiO_3$

▪ latrappit –  $(Ca,Na)(Nb,Ti,Fe)O_3$

▪ loparit –  $(Ce) - (Ce,Na,Ca)(T,Nb)O_3$

▪ lueshit –  $NaNbO_3$

▪ tausonit –  $SrTiO_3$

▪ makedonit –  $PbTiO_3$



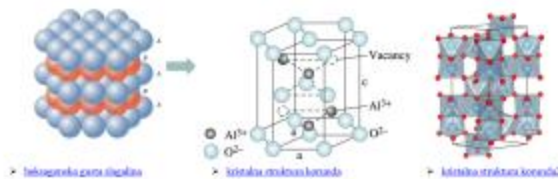
### III.4. OKSIDI $A_2O_3$ - GRUPA KORUNDA - HEMATITA

## KORUND - $\alpha$ - $Al_2O_3$

- **KRISTALNI SUSTAV:** heksagonski
- **KRISTALNI RAZRED:**  $\bar{3}2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:**  $R\bar{3}c$
- **KRISTALNA STRUKTURA:** kisikovi atomi su raspoređeni u gustu heksagonsku slagalinu. U 2/3 oktaedarskih šupljina ulaze atomi aluminija.  $AlO_6$  oktaedri tvore slojeve šesteročlanih prstenova. 1/3 oktaedarskih i sve tetraedarske šupljine ostaju nepopunjene.
- **HABITUS:** kristali su tanko do debelopločasti, s brojnim plohama, strmim romboedrima i skalenodrima, često u obliku bačvica. Na bazi se mogu naći prutanja paralelno horizontalnim kristalografskim osima, a ako ima i prutanja po [110] baza je podijeljena na 6 polja. Na terminalnim i vertikalnim plohama su gotovo uvijek vidljiva jaka horizontalna prutanja. Polisistetski sraslaci su česti po {101} i uzrokuju prutanja po bazi, rješi su prodorni sraslaci po {0001}. Masivan, zrnat i u zaobljenim zrnima.
- **TVRDOĆA:** 9 (velika tvrdoća korunda i otpornost na trošenje rezultat je jakih ionskih veza između atoma aluminija i kisika).
- **GUSTOĆA:** 4,0 – 4,1(mjerena), 3,98 (izračunata).
- **KALAVOST:** nema, ponekad pokazuje lučenje po {101}.
- **LOM:** neravan do školjkast; krt je i vrlo žilav.

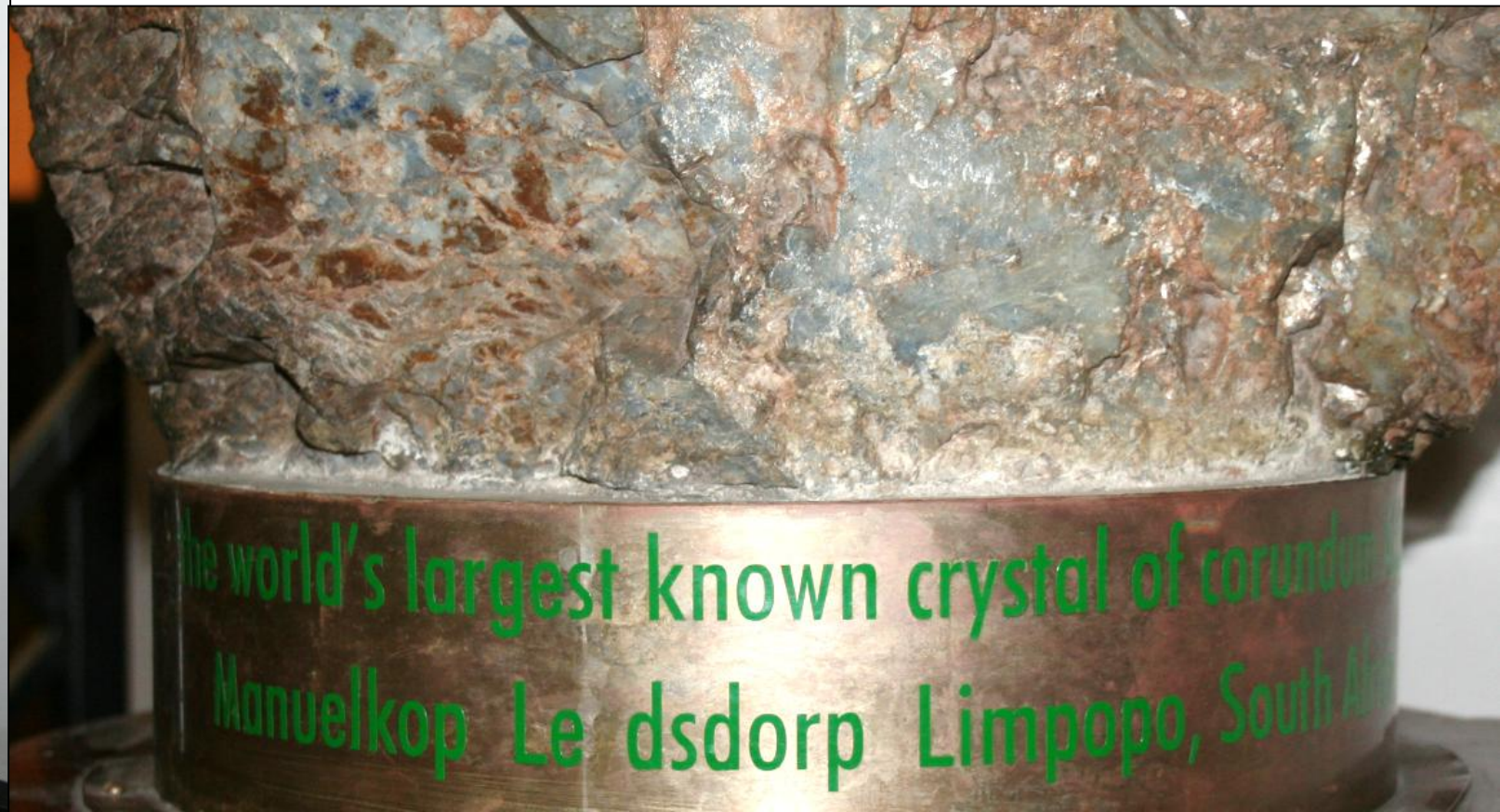
#### KRISTALNA STRUKTURA KORUNDA

- Kristalna struktura KORUNDA: kisikovi atomi su raspoređeni u gustu heksagonsku slagalinu. U 2/3 oktaedarskih šupljina ulaze atomi aluminija.  $AlO_6$  oktaedri tvore slojeve šesteročlanih prstenova. 1/3 oktaedarskih i sve tetraedarske šupljine ostaju nepopunjene.  
-> velika tvrdoća korunda (otpornost na trošenje rezultat je jakih ionskih veza između atoma aluminija i kisika)





The world's largest known crystal of corundum  
Manuelkop Le dsdorp Limpopo



The world's largest known crystal of corundum  
Manuelkop Le dsdorp Limpopo, South Africa

### III.4. OKSIDI $\text{Al}_2\text{O}_3$ - GRUPA KORUNDA - HEMATITA

## KORUND - $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$

- **BOJA I CRT:** bezbojan (var. leukosafir), plav (var. safir), žut do zlatnožut (var. orijentalni topaz), ljubičast (var. orijentalni ametist), crven do ružičast( var. rubin), ponekad pokazuje aleksandrit efekt (plav po danu, crn pod svjetlom svijeće). Ponekad pokazuju pleokroizam ili zonalnost.
- **SJAJ:** dijamantan, sedefast do staklast.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** u kalcitnim i dolomitnim mramorima, gnajsevima, granitima, nefelinskim sijenitima, tinjčevim i kloritnim škriljavcima, te drugim kristalnim stijenama siromašnim silicijem. Kao rezistat i u nanosima.
- **LOKALITETI:** Makedonija (Sivec kod Prilepa), Mjanmar (Mogok, Mainglon, u zemlji i šljuncima rijeke Irrawaddy gdje je pronađen najveći rubin do sada – 690 g trenutno u Britanskom muzeju u Londonu), Šri Lanka (Ratnapura), Turska (Smirna, Aidin – od davnina korišten kao abrazivni materijal → „šmirgl“), Indija (Kašmir)...





Sivec kraj Prilepa, Makedon



### III.4. OKSID I $\text{Al}_2\text{O}_3$ - GRUPA KORUNDA - HEMATITA

## KORUND - $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$

- DRAGI VARIJETETI:
- *rubin* – crveni varijetet, različitih nijansi crvene
- *safir* – svi varijeteti osim crvenog, najčešće plavi
- *padparadscha* - narančasto-ružičasti varijetet korunda



### III.4. OKSIDI $A_2O_3$ - GRUPA KORUNDA - HEMATITA

## HEMATIT - $\alpha$ - $Fe_2O_3$

- KRISTALNI SUSTAV: heksagonski
- KRISTALNI RAZRED:  $\bar{3}2/m$
- PROSTORNA GRUPA:  $R\bar{3}c$
- KRISTALNA STRUKTURA: struktura tipa korunda.
- HABITUS: kristali mogu biti tanko do debelo pločasti, romboedarski (pseudokubični) i rijetko prizmatski. Pločasti su često u formi rozete → *željezna ruža*. Bazne plohe su gotovo uvijek prutane paralelno kristalografskim osima  $a$ . Sraslaci se javljaju po  $\{0001\}$  – prodorni,  $\{101\}$  – polisintetski, pa se paralelno s  $\{101\}$  na plohama baze vide prutanja. U gustim, listićavim, masivnim, igličastim, stupićastim, bubrežastim, sigastim agregatima.
- TVRDOĆA: 5 - 6
- GUSTOĆA: 5,26 (mjerena), 5,256 (izračunata).
- KALAVOST: nema, ponekad pokazuje lučenje po  $\{101\}$ .
- LOM: poluškoljkast do neravan, krt ali sitniji varijeteti su mekaniji pod prstima; tanki listići su elastični.
- BOJA I CRT: čeličnosiva (krupno zrnati agregati i kristali) do krvavocrvena (sitno zrnati i zemljasti agregati). Crt je krvavocrven, prilikom grijanja potamni.
- SJAJ: metaličan do polumetaličan, sitnije zrnati uzorci su zagasitog sjaja.



## HEMATIT - $\alpha$ - $Fe_2O_3$

- NAČIN POJAVLJIVANJA: hematit je raširen u svim geološkim sredinama: u magmatskim, metamorfnim i sedimentnim stijenama. Važna je ruda željeza. Velika ležišta se formiraju u sedimentnim kompleksima; važan je pigment nekih sedimentata; čest je kao akcesoran mineral u magmatskim i vulkanskim stijenama. U pegmatitima, te hidrotermalnim žilama. *Itabiriti* su metamorfna ležišta od velikog gospodarskog značaja.
- LOKALITETI: Brazil (Itabira), Kuba (Mayari i Moa), SAD (oko velikih jezera i Franklin)...







CM IN







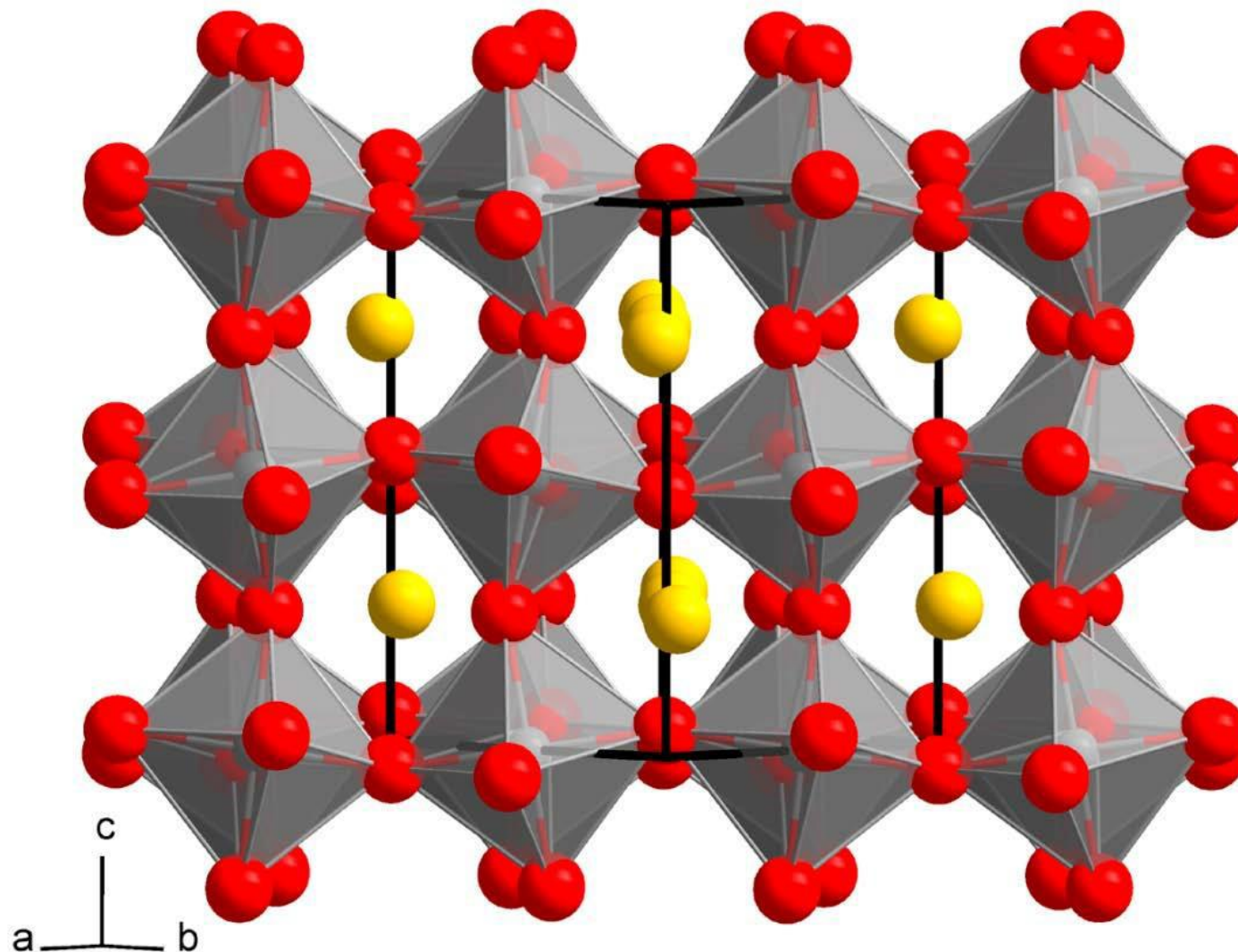
## ILMENIT - $FeTiO_3$

- **KRISTALNI SUSTAV:** heksagonski
- **KRISTALNI RAZRED:**  $\bar{3}$
- **PROSTORNA GRUPA:**  $R\bar{3}$
- **KRISTALNA STRUKTURA:** struktura tipa korunda.
- **HABITUS:** kristali su debelopločasti, rijetko romboedarski. Poznati su sraslaci po {0001}, i polisintetski sraslaci po osnovnom romboedru {101}. Masivan, lameralan, kompaktni, zrnati i u pijescima.
- **TVRDOĆA:** 5 – 6.
- **GUSTOĆA:** 4,72 (mjerena), 4,79 (izračunata).
- **KALAVOST:** nema.
- **LOM:** školjkast do poluškoljkast.
- **BOJA I CRT:** Željeznocrna. Crt je crn.
- **SJAJ:** metaličan do polumetaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** u bazičnim eruptivnim stijenama dolazi raspršen, ali ponekad u vrlo velikim količinama. Uobičajen je kao primarni akcesorni mineral. U pegmatitima, i kao rezistat.
- **LOKALITETI:** Indija (Travancore), Australija (Woodstock), Mjesec...



## PEROVSKIT - $CaTiO_3$

- **KRISTALNI SUSTAV:** rompski, pseudokubični
- **KRISTALNI RAZRED:**  $2/m\ 2/m\ 2/m$
- **PROSTORNA GRUPA:**  $Pnma$
- **KRISTALNA STRUKTURA:** osnovu ove kristalne strukture čini osam  $TiO_6$  oktaedara koji se dotiču u svojim vrhovima i tvore jedan veliki prostor u koji se smješta atom kalcija. Ovakva kristalna struktura bi idealno bila kubična, ali zbog mnogih deformacija je u stvarnosti monoklinska, rompska ili tetragonska.
- Ova kristalna struktura je osnova za sintetiziranje mnogih sintetskih spojeva koji imaju zanimljiva svojstva kao što je supravodljivost.



# Useful salts with perovskite structure



Reference compound	Properties	Existing and potential applications	Notes
BaTiO <sub>3</sub>	Ferroelectricity, piezoelectricity, high dielectric constant	Multilayer ceramic capacitors (MLCCs), PTCR resistors, embedded capacitance	Most widely used dielectric ceramic T <sub>c</sub> = 125° C
(Ba,Sr)TiO <sub>3</sub>	Non-linear dielectric properties	Tunable microwave devices	Used in the paraelectric state
Pb(Zr,Ti)O <sub>3</sub>	Ferroelectricity, piezoelectricity	Piezoelectric transducers and actuators, ferroelectric memories (FERAMs)	PZT: most successful piezoelectric material
Bi <sub>4</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>12</sub>	Ferroelectric with high Curie temperature	High-temperature actuators, FeRAMs	Aurivillius compound T <sub>c</sub> = 675° C
(K <sub>0.5</sub> Na <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> , Na <sub>0.5</sub> Bi <sub>0.5</sub> TiO <sub>3</sub>	Ferroelectricity, piezoelectricity	Lead-free piezoceramics	Performances not yet comparable to PZT but rapid progress
(Pb,La)(Ti,Zr)O <sub>3</sub>	Transparent ferroelectric	Optoelectronic devices	First transparent ferroelectric ceramic
BiFeO <sub>3</sub>	Magnetolectric coupling, high Curie temperature	Magnetic field detectors, memories	Most investigated multiferroic compound. T <sub>c</sub> = 850° C
PbMg <sub>1/3</sub> Nb <sub>2/3</sub> O <sub>3</sub>	Relaxor ferroelectric	Capacitors, actuators	High permittivity, large electrostrictive coefficients, frequency-dependent properties
SrRuO <sub>3</sub>	Ferromagnetism	Electrode material for epitaxial ferroelectric thin films	
(La, A)MnO <sub>3</sub> A = Ca, Sr, Ba	Ferromagnetism, giant magnetoresistance, spin-polarized electrons	Magnetic field sensors, spin electronic devices	
SrTiO <sub>3</sub>	Incipient ferroelectricity, thermoelectric power, metallic electronic conduction when n-doped, mixed conduction when p-doped, photocatalyst	Alternative gate dielectric material, barrier layer capacitors, substrate for epitaxial growth, photoassisted water splitting	Multifunctional material
LaGaO <sub>3</sub> BaIn <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Oxyde-ion conduction	Electrolyte in solid oxide fuel cells (SOFCs)	BaIn <sub>2</sub> O <sub>5</sub> is an oxygen deficient perovskite with brownmillerite structure.
BaCeO <sub>3</sub> , BaZrO <sub>3</sub>	Proton conduction	Electrolyte in protonic solid oxide fuel cells (P-SOFCs)	High protonic conduction at 500-700° C
(La,Sr)BO <sub>3</sub> (B = Mn, Fe, Co)	Mixed conduction, catalyst	Cathode material in SOFCs, oxygen separation membranes, membrane reactors, controlled oxidation of hydrocarbons,	Used for SOFC cathodes
LaAlO <sub>3</sub> YAlO <sub>3</sub>	Host materials for rare-earth luminescent ions,	Lasers Substrates for epitaxial film deposition	

## PEROVSKIT - $CaTiO_3$

- **HABITUS:** kristali su pseudokubični, a jakim prutanjima. Varijeteti bogati Ce i Nb mogu imati i pseudooktaedarski habitus. Rijetko se nađu masivni ili zrnati agregati.
- **TVRDOĆA:**  $5\frac{1}{2}$ .
- **GUSTOĆA:** 4,01 (mjerena), 4,04 (izračunata).
- **KALAVOST:** nesavršena po {001}.
- **LOM:** neravan do poluškoljkast.
- **BOJA I CRT:** crna, sivosmeđa, smeđastocrna, crvenkastosmeđa do raznih žutih tonova. Crt je bijel do siv.
- **SJAJ:** DIJAMANTNI DO metaličan.
- **NAČIN POJAVLJIVANJA:** kao akcesorni mineral u magmatskim stijenama, pogotovo bazičnim pegmatitima. U mramorima na kontaktu s alkalnim i bazičnim intruzivima, u kloritnim i talkovim škriljavcima.
- **LOKALITETI:** Rusija (Ahmatovsk kod Zlatousta na Uralu → tipski lokalitet; Karelija, Tažeran u Sibiru, Švicarska (Zermatt)..

