

## OXIDY A HYDROXIDY

**Oxidy jsou sloučeniny  $O^{2-}$  s prvky kovovými i nekovovými.** Ke skupině minerálů - oxidů jsou řazeny také přírodní hydroxidy a oxi-hydroxidy (např. Fe O /OH/).

### **System oxidů**

- starší učebnice (např. Slavík a kol. 1974) řadí oxidy podle rostoucího podílu kyslíku ve vzorci

### **Dnes přirozenější krystalochemická klasifikace:**

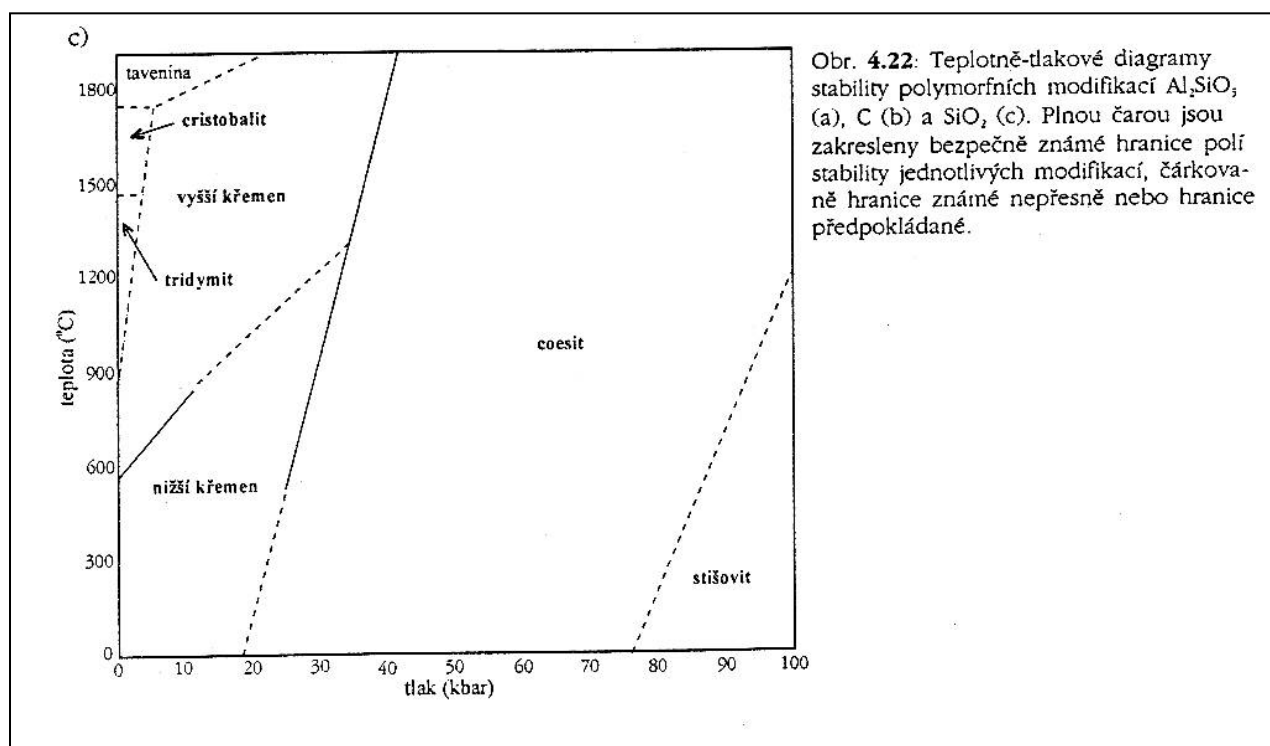
- *oxidy s tetraedrickou strukturou*
- *oxidy s oktaedrickou strukturou*
- *kombinované tetraedrické + oktaedrické struktury oxidů*
- *kubické oxidy*
- *struktury s jiným uspořádáním struktury*

Struktury oxidů si můžeme obecně představit jako nejtěsnější uspořádání velkých atomů O, kationty obsazují vzniklé dutiny v tomto skeletu.

## Oxidy s tetraedrickou strukturou (minerály Si O<sub>2</sub>)

Minerály SiO<sub>2</sub> jsou v zemské kůře velmi rozšířené (křemen). *Vyskytují se v několika polymorfních modifikacích (viz obr. ), jejichž vznik je závislý na teplotě a tlaku při jejich krystalizaci.*

*Struktury modifikací SiO<sub>2</sub> jsou tvořené trojrozměrným skeletem vzájemně provázaných tetraedrů SiO<sub>4</sub>.  
(výjimka stišovit – oktaedrický)*



*Nejdůležitější z nich je křemen (nejrozšířenější horninotvorný minerál)*

## Polymorfní modifikace SiO<sub>2</sub>:

**Křemen nižší (α křemen)** - trigonálně trapezodrický

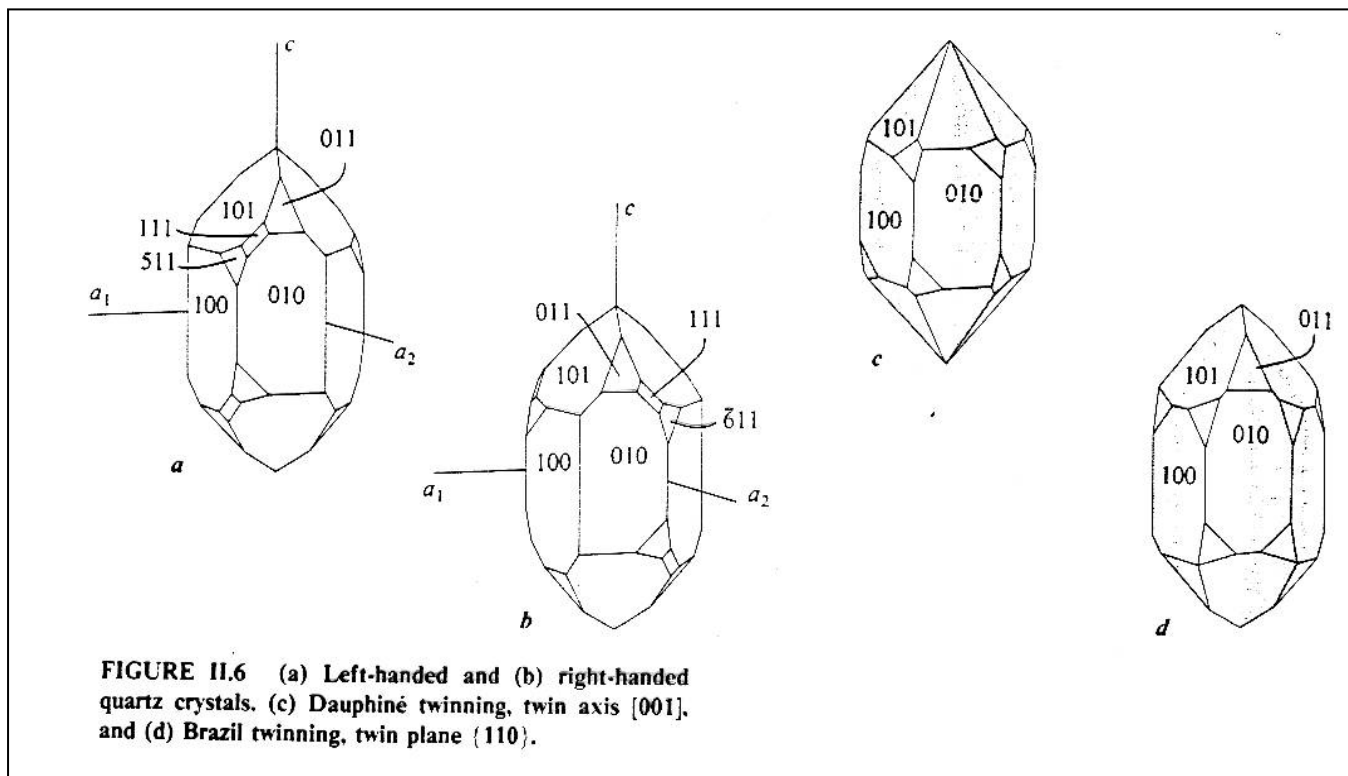
**Křemen vyšší (β křemen)** - hexagonální

(teplota fázového přechodu obou modifikací je 573 °C za atmosf. tlaku).

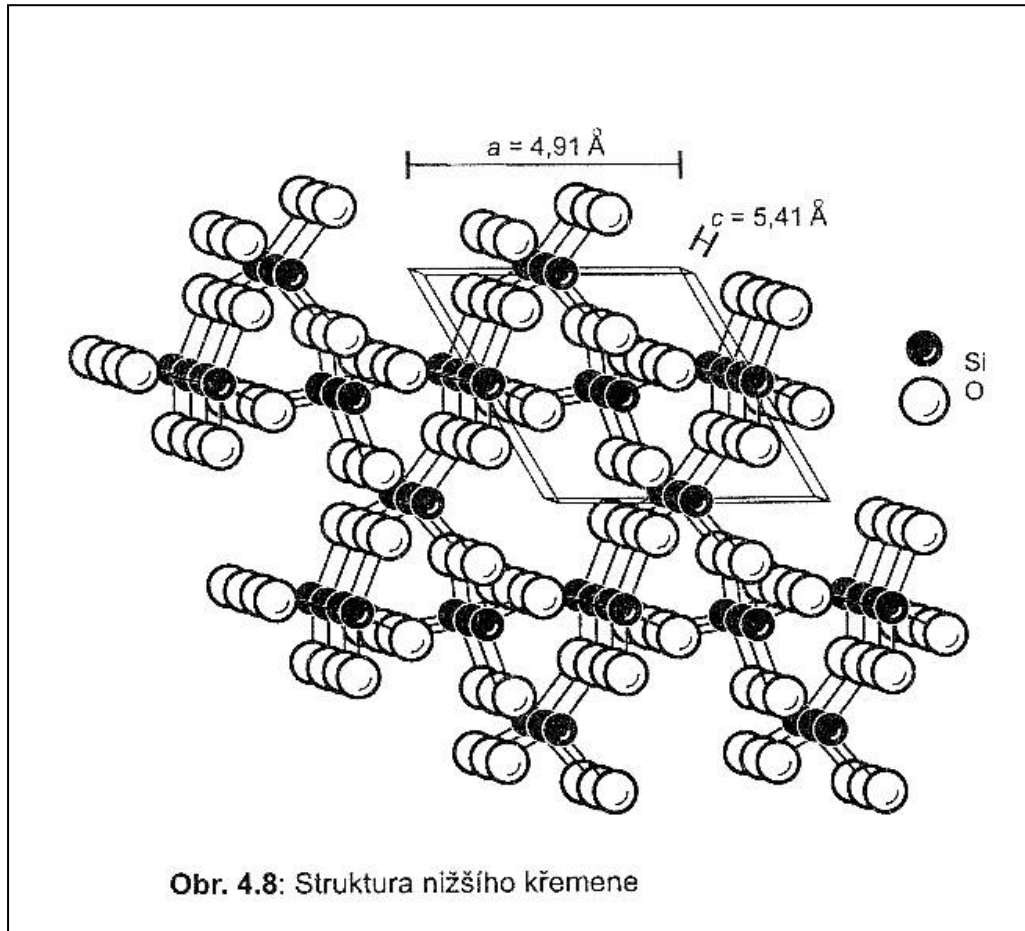
- vysokoteplotní a nízkotlaké modifikace (**tridymit a cristobalit**) – v dutinách kyselých vulkanitů (Nezdenice)
- vysokotlaké modifikace (**coesit, stišovit**) – v meteorických kráterech, vznikají při impaktu

## Křemen

- *krystaly jsou sloupcovité (α křemen – trigonální a hexagonální prizma, klence, trigonální trapezod, β křemen – hexagonální prizma a dipyramida).*
- Agregáty zrnité. Dvojčatné srůsty běžné (alpský, brazilský a japonský).*



**Struktura: trojrozměrná struktura křemene (obdoba tektosilikátů) se jeví jako kombinace šestičlánkových a osmičlánkových smyček tetraedrů  $\text{SiO}_4$ , v relativně kompaktním uspořádání.**



Fyzikální vlastnosti:

- **bezbarvý (křišťál), bílý nebo různě zbarvený (fialový – ametyst, hnědý – záhněda, černý – morion, růžový – růženín, žlutý – citrín)**
- **skelný lesk**
- **Tvrdość 7, hustota 2.7**
- **Není štěpný**

### **Geneze velmi rozmanitá:**

- *podstatný horninotvorný minerál kyselých magmatitů (granit, granodiorit, ryolit, pegmatity /růženín – Bory, Písek/, aplity,.....), metamorfitů (fylity, svory, ruly, granulity,.....)*
- *v klastických sedimentech (písky, pískovce, droby,.....)*
- *hydrotermální minerál (rudní žíly, greiseny) – Cínovec (záhnědy), Banská Štiavnica (ametyst), samostatné křemenné žíly (Žulová)*
- *alpská parageneze (Vysoké Tatry),*
- *dutiny paleobazaltů (melafyrů) – ametyst, achát, jaspis – podkrkonoší (Kozákov, Stará Paka,...)*

**Průmyslový význam:** sklářská surovina, optické segmenty

Kromě uvedených minerálů patří do skupiny  $\text{SiO}_2$  také:

- *mikrokrystalické (navenek amorfni) variety  $\text{SiO}_2$*  – chalcedony
- *morfologicky i vnitřní stavbou amorfni* – opál ( $\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ )

**Chalcedony** – mají agregátní struktury, složené z submikroskopických vláken, zrn a tyčinek, při RTG- analýze odpovídají křemenu. Variety – achát, jaspis, onyx, karneol.

**Opál** – je hydratovaný  $\text{SiO}_2$  a je složen z malých kuliček o velikosti asi 100 nm (vnitřní stavba). V drahém opálu toto uspořádání láme a rozkládá světlo a způsobuje ohnivý barevný třpyt.

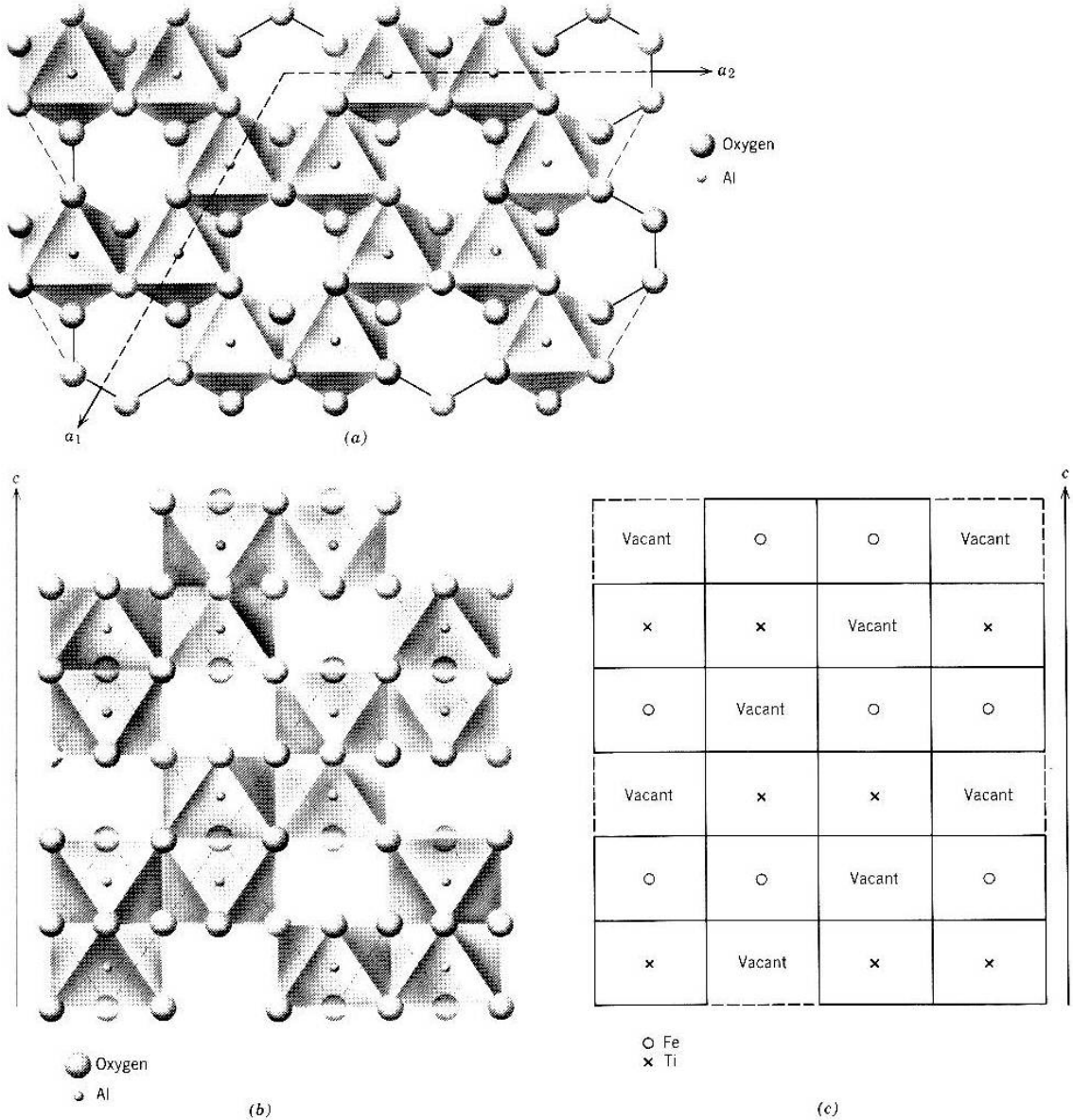
## Oxidy s oktaedrickou strukturou

(hematit, korund, ilmenit, rutil, kasiterit)

*Hematit, korund a ilmenit jsou izostrukturní fáze. Anionty kyslíku tvoří nejtěsnější uspořádání se symetrií hexagonální. Ve 2/3 oktaedrických dutin jsou rozmístěny kationty (Fe, Al, ...).*

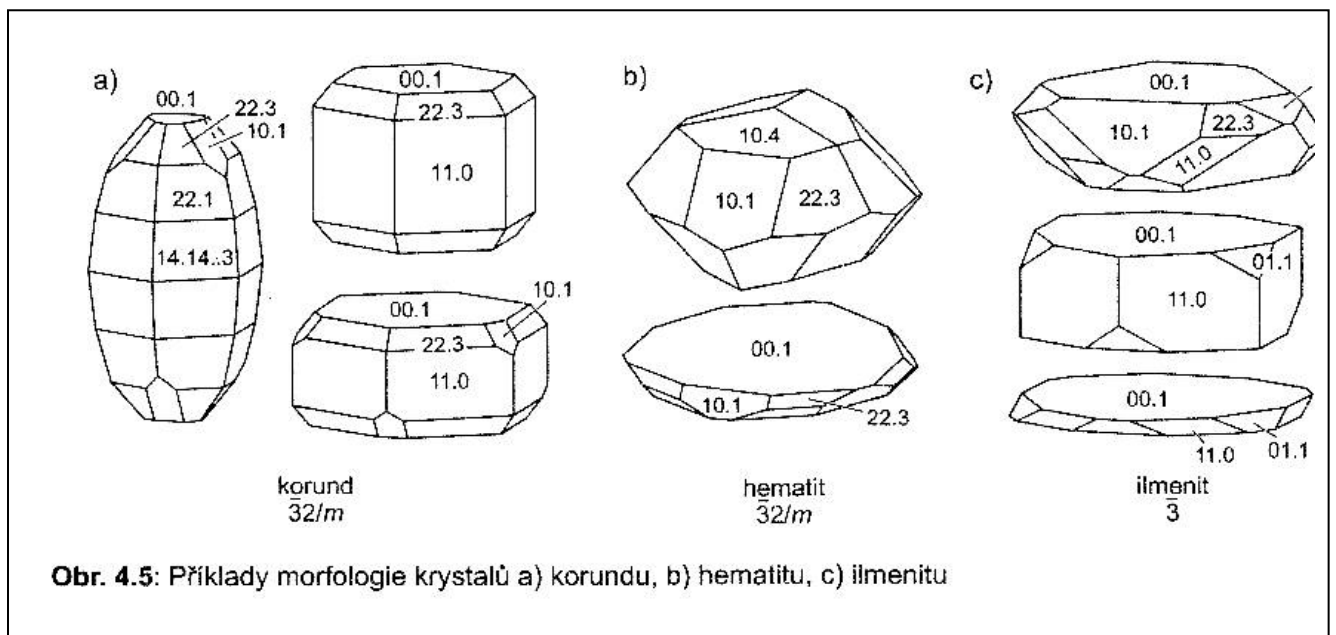
Symetrie krystalu je trigonální.

FIG. 11.2. Structures of the hematite group. (a) Basal sheet of octahedra in corundum,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , or hematite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , with one octahedron vacant for every two octahedra with Al or  $\text{Fe}^{3+}$  in center. (b) Vertical section through the corundum structure showing the locations of filled and empty octahedra. Note locations of  $\text{Al}^{3+}$  within octahedra. (c) Schematic vertical cross section through the ilmenite structure. This representation is the same as in Fig. 11.2b with oxygen positions and octahedral outlines eliminated; only cation locations are shown.



## Hematit – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

- *krystaluje v soustavě trigonální, krystaly jsou tabulkovité* (tvary – klenec, ditrigonální sklenoedr – viz modely). Tence tabulkovité krystaly tvoří *varieta „spekularit“*. *Agregáty variabilní dle geneze: lupenité, zrnité, paprštěné („lebník“), práškovité (okry), oolity.*



Fyzikální vlastnosti:

- *Barva černá až červená* (dle kvality krystalů a charakteru agregátů), *polokovový lesk (práškovité agregáty matné)*, někdy náběhové barvy
- Tvrdost 5, hustota 5
- Není štěpný

### Geneze hematitu:

- *sedimentární oolitické rudy* (Barrandien – ordovik: Nučice, Zdice)
- *prekambrické železnorudné páskované formace (BIF)* – Kursk (Rusko)
- *hydrotermální* (na sideritových žilách Slovenského rudohoří, s křemenem Horní Blatná u Jáchymova)

**Význam:** ruda Fe



## **Korund – Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub>**

- *krystaluje v soustavě trigonální, krystaly soudečkovité* (tvary – klenec, ditrigonální sklenoedr – viz modely). *Agregáty zrnité („smirek“).*

Fyzikální vlastnosti:

- *bezbarvý* (leukosafír), *modrý (safír), červený (rubín), skelný lesk*
- *tvrdost 9*, hustota 4
- Není štěpný

**Geneze korundu:**

- *pegmatity bohaté hliníkem* (Bory u Velkého Meziříčí)
- *druhotně přechází do náplavů (velmi odolný vůči zvětrávání)* (Jizerská louka)

**Význam:** vzácný minerál, *klenotnictví, brusné účely*

## **Ilmenit – Fe Ti O<sub>3</sub>**

- *krystaluje v soustavě trigonální, krystaly jsou tenké tabulkovité* (tvary – klenec, ditrigonální sklenoedr – viz modely)

Fyzikální vlastnosti:

- *barva černá, kovový lesk*
- tvrdost 5, hustota 5
- velmi slabě magnetický

### Geneze:

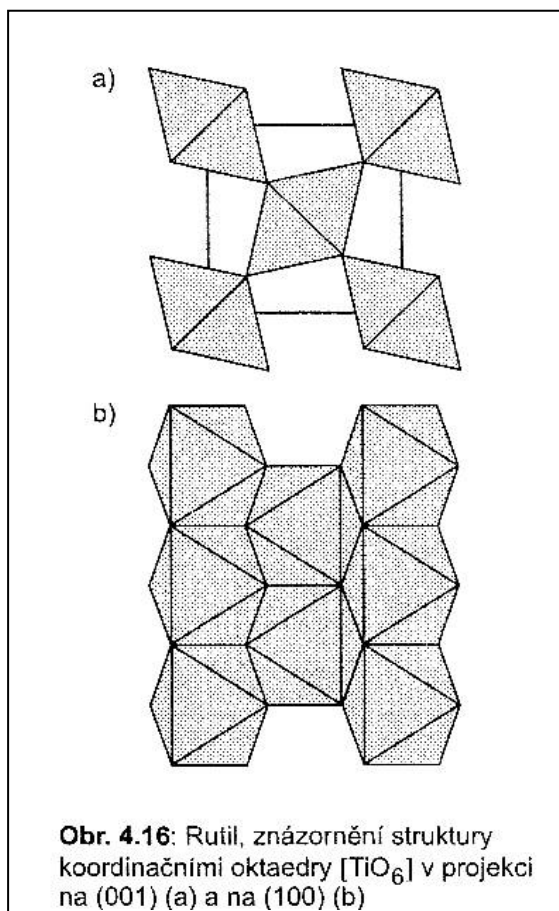
- akcesorický minerál v horninách (gabra, granitoidy, bazalty, amfibolity, ruly,...)
- magnetit – ilmenitové magmatogenní rudy v gabrech
- druhotně v náplavech (Jizerská louka – „iserín“)

**Význam:** ruda Ti

### Rutil a kasiterit

- jsou izostrukturální fáze.

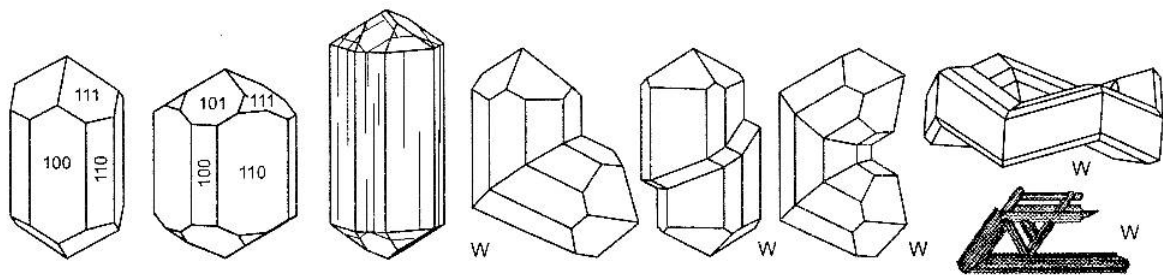
Atomy Ti (Sn) tvoří tetragonální buňku – prostorově centrovanou a jsou rozmístěny v oktaedrech kyslíků. Symetrie krystalu je tetragonální.



## Rutil – $\text{TiO}_2$

- *krystaluje v soustavě tetragonální, krystaly jsou krátce sloupcovité (tvary – tetragonální prizmata a dipyramidy) – viz modely. Hojně dvojčatné srůsty dle (101).*

Jehlicovité krystaly (varieta „sagenit“)



Obr. 4.18: Rutil, příklady morfologie krystalů, štěpnost podle {110} a dvojčata podle {101}.  
 $4/m2/m2/m$

Fyzikální vlastnosti:

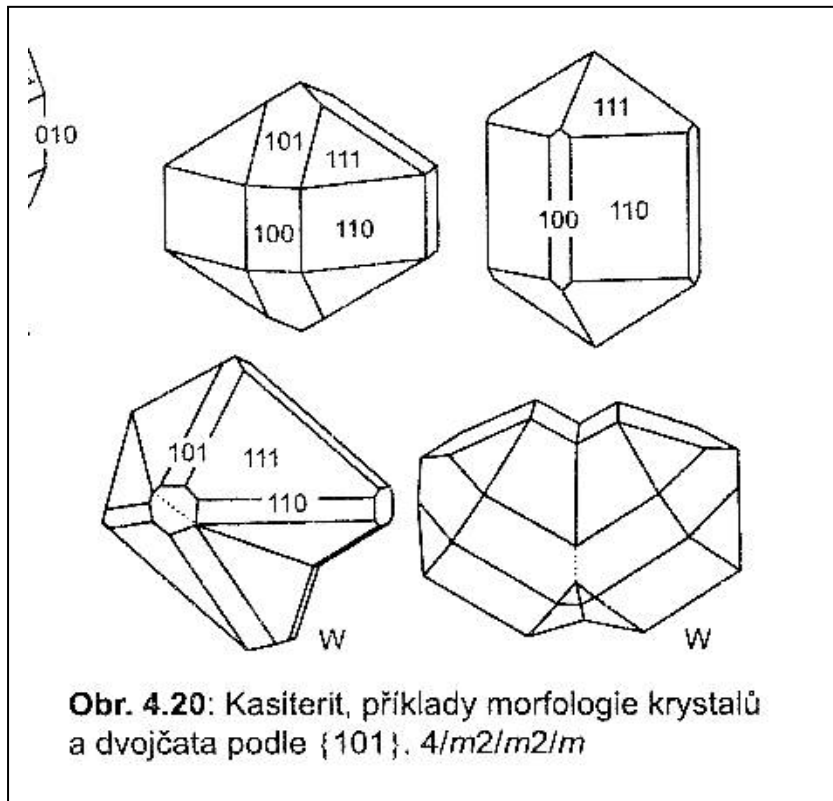
- *barva červenohnědá až hnědočerná, skelný až polokovový lesk*
- tvrdost 7, hustota 4
- velmi odolný vůči zvětrávání

Geneze:

- *akcesorický minerál v horninách (granulity, amfibolity, ruly,...), v pegmatitech (Věžná u Rožné)*
- *alpská parageneze* – varieta „sagenit“ – bývá v křišťálech
- *druhotně v náplavech* (Soběslav, Golčův Jeníkov)

## Kasiterit (cínovec) – Sn O<sub>2</sub>

- *krystaluje v soustavě tetragonální, krystaly jsou krátce sloupcovité (tvary – tetragonální prizmata a dipyramidy) – viz modely. Hojně dvojčatné srůsty dle (101). Agregáty zrnité*



Fyzikální vlastnosti:

- *barva hnědá, hnědočerná, skelný až polokovový lesk*
- *tvrdost 7, hustota 7, velmi odolný vůči zvětrávání*

Geneze:

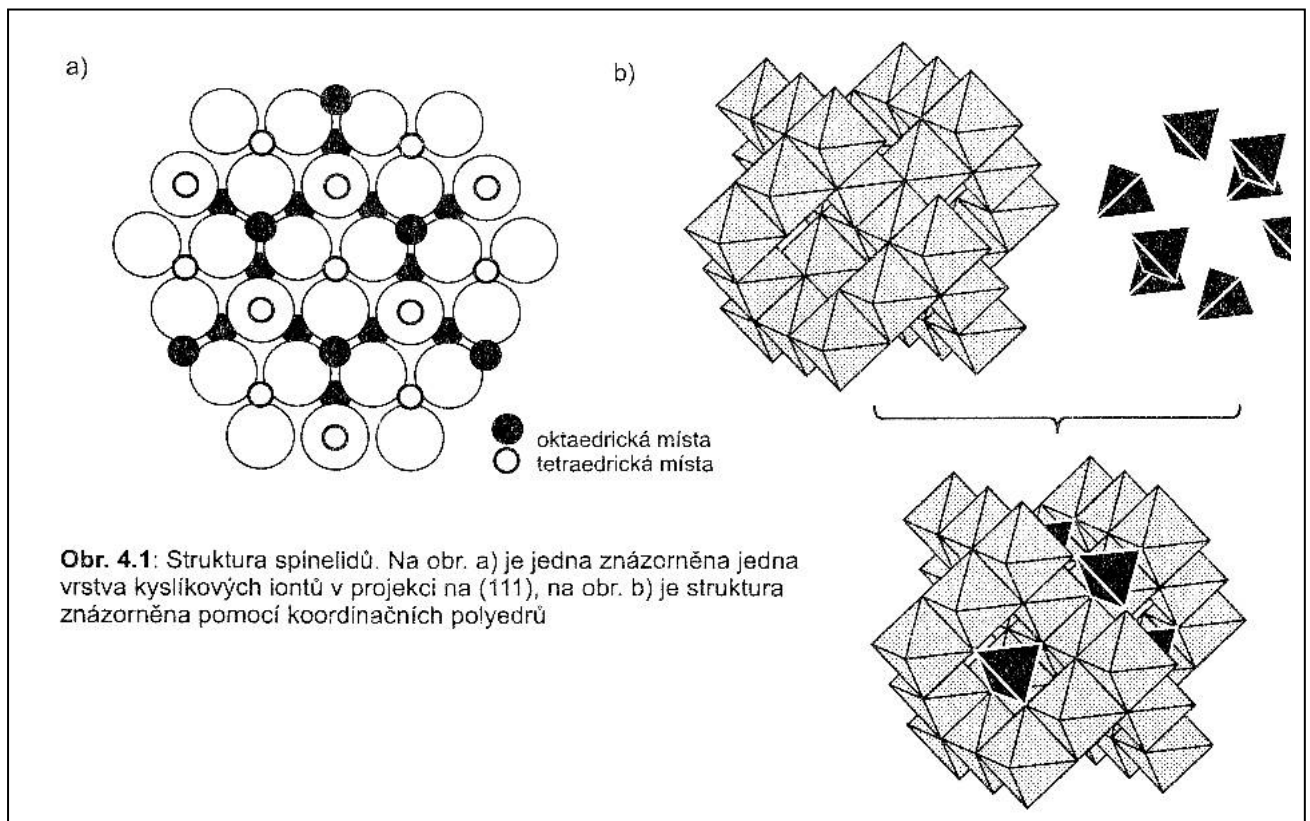
- *vysokoteplotní hydrotermální procesy – ložiska greisenového typu (paragenese + křemen, wolframit, scheelit, topaz, cinvaldit, arzenopyrit (Cínovec, Krupka, Horní Slavkov)*
- *některé pegmatity, zejména lithné (Rožná)*
- *druhotně v náplavech (Malajsie)*

**Význam:** ruda Sn

## Oxidy s kombinovanou tetraedrickou - oktaedrickou strukturou

(spinelidy - magnetit, spinel, chromit)

*Spinelidy zahrnují izostrukturální fáze. Anionty kyslíku tvoří nejtěsnější uspořádání se symetrií kubickou. V části tetraedrických i oktaedrických dutin jsou rozmístěny příslušné kationty. Symetrie krystalu je kubická, krystalovým tvarem oktaedr. Hojné dvojčatné srůsty dle (111).*



### **Magnetit $\text{Fe}_3\text{O}_4$**

- *krystaly tvaru oktaedru.* Agregáty zrnité, zrna izometrická

Fyzikální vlastnosti:

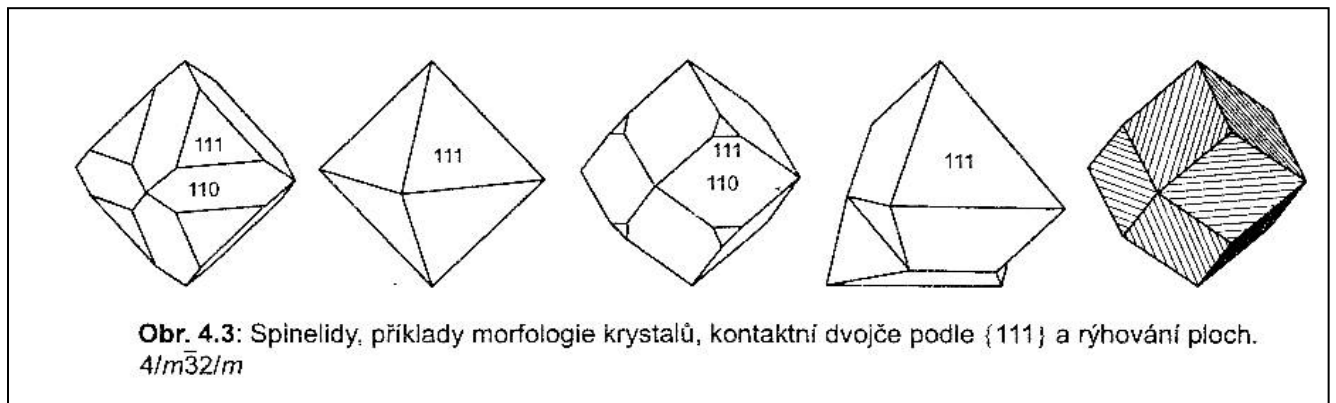
- *barva černá, kovový lesk*
- tvrdost 6, hustota 5

- je magnetický

### Geneze:

- *výskyty a ložiska v bazických intruzívech – gabrech* (Ural, Švédsko)
- *Fe-skarny* (Malešov u Kutné Hory, Vlastějovice nad Sázavou, Měděnec, Pernštejn )
- *metamorfovaná ložiska Lahn-Dillského typu (vulkanickosedimentární)* – Malá Morávka, Zlaté Hory, Malý Děd (Hrubý Jeseník)
- *páskovaná železnorudná formace (BIF)* – (Kursk, Rusko)
- *akcesorický minerál* v chloritických břidlicích (oktaedry) – Sobotín, také v bazaltech

**Význam:** nejkvalitnější ruda Fe



### Spinel $MgAl_2O_4$

- *krystaly tvaru oktaedru.* Agregáty zrnité, zrna izometrická

Fyzikální vlastnosti:

- *různě zbarvený, skelný lesk,* drahokamové odrůdy červené , *černá varieta „pleonast“*
- *tvrdost 8,* hustota 3.5

**Geneze:**

- *v metamorfovaných dolomitických a dolomit-kalcitických mramorech*  
(Sokolí U Třebíče, Stará Červená Voda u Žulové)
- *díky své odolnosti vůči zvětrávání sekundárně v náplavech* (Jizerská louka – pleonast)

**Význam:** vzácný minerál, drahokamové odrůdy

**Chromit (Fe, Mg) Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>**

- *krystaly tvaru oktaedru.* Agregáty zrnité, zrna izometrická

Fyzikální vlastnosti: *podobný magnetitu*

- *barva černá až černohnědá, kovový lesk*
- není magnetický

**Geneze:**

- *výskyty a ložiska v ultrabazických horninách – peridotitech a hadcích*  
(Ural, Albánie) – akcesoricky v hadcích u Nové Vsi u Oslavan, Drahonín u Tišnova

**Význam:** jediná ruda Cr

## Oxidy s kubickou strukturou

**Uraninit**  $\text{UO}_2$  s (podíly Pb, Ra)

- krystaly netvoří, *struktura krychlové symetrie s kubickou koordinací atomů uranu*
- *agregáty kusové a ledvinité*

Fyzikální vlastnosti:

- *barva černá, smolný lesk („smolinec“)*
- tvrdost 6, hustota 8-10
- je silně radioaktivní

**Geneze:**

- *výskyty a ložiska hydrotermálního původu – žilného typu, hlušinou karbonáty, tmavý fluorit, pyrit ( Příbram, Rožínka - Olší)*
- *hydrotermální žilná ložiska „pětiprvkové formace“ (Jáchymov, Zálesí u Javorníka)*

*Druhotnými minerály uranové slídy (torbernit, autunit, ...)*

**Význam:** ruda U, strategická surovina



## Oxidy s jiným uspořádáním struktury

### **Kuprit $\text{Cu}_2\text{O}$**

- *krystaluje v soustavě krychlové*, krystalovým tvarem osmistěn, agregáty zrnité
- zbarvení za čerstva červené s diamantovým leskem na krystalových plochách, rychle nabíhá ocelově šedě s polokovovým leskem
- tvrdost 4, hustota 6

### **Geneze:**

- *na rudních výskytech a ložiskách Cu – produkt oxidace Cu-rud* (Běloves u Náchoda)
- vzácně v dutinách paleobazaltů (melafyrů) - Studenec

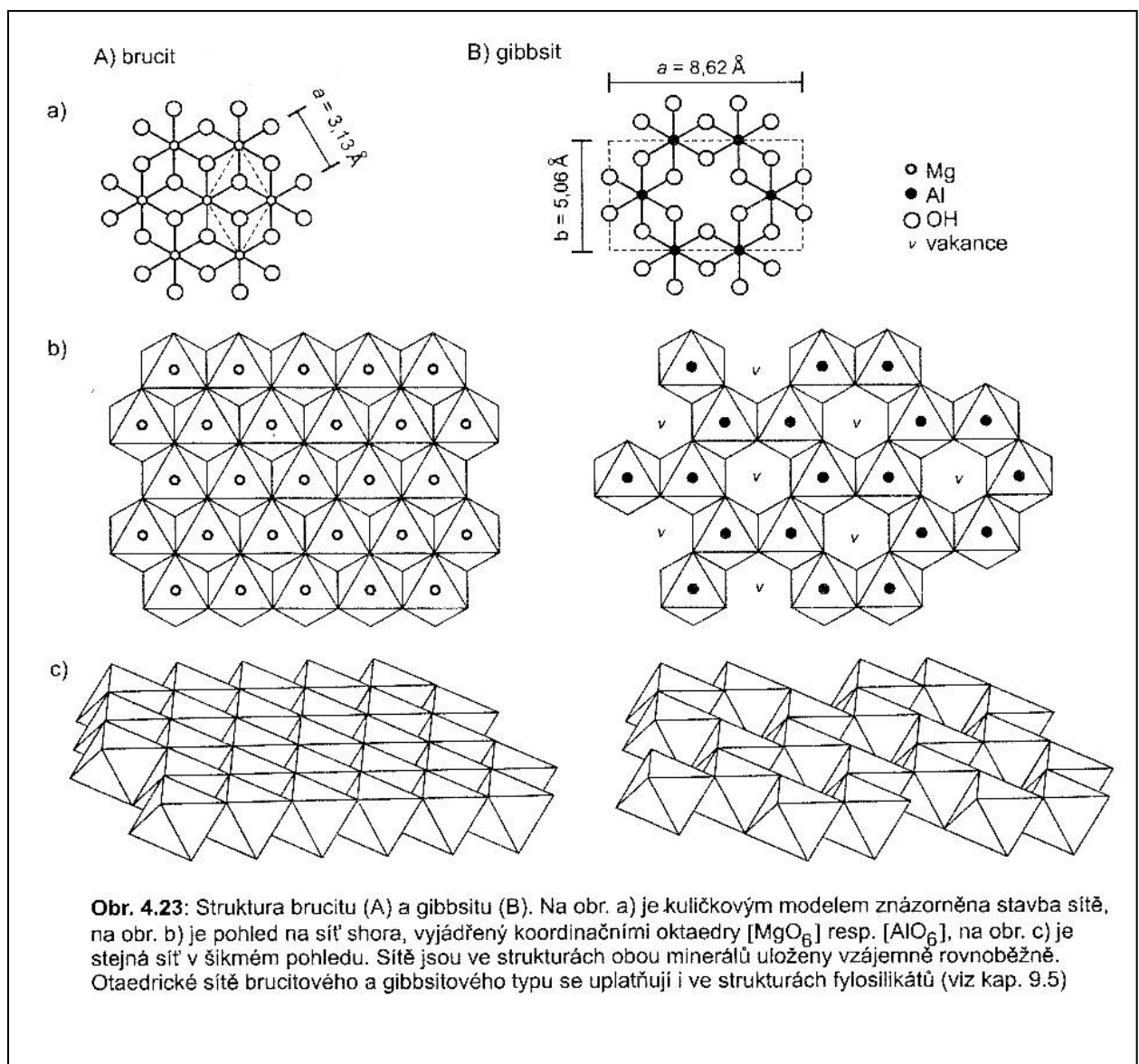
## **Hydroxidy a oxid-hydroxidy**

### **Gibbsit (hydrargillit) $\text{Al}(\text{OH})_3$**

- *jednoklonný minerál s vrstevní strukturou*, tabulkovité krystalky dle 001, podobný slídám, s perleťovým leskem
- *struktura dioktaedrická*
- *komponenta bauxitů a lateritů*

## Brucit $\text{Mg}(\text{OH})_2$

- *trigonální minerál s vrstevní strukturou*, tabulkovité krystalky, výborná štěpnost dle (001), s perleťovým leskem, podobný mastku
- *struktura trioktaedrická*
- *vyskytuje se na puklinách hadců* (Kutná Hora)



**Diaspor**      **Al O (OH)**       $\alpha$

**Boehmit**      **Al O (OH)**       $\chi$

- *obě modifikace kosočtverečné*

**Bauxity, laterity (*sedimentární horniny*):** směs hydroxidů a oxid-hydroxidů Al

- jsou celistvé, zemité, různě zbarvené (šedé až načervenalé při příměsi FeOOH)

**Výskyty na Slovensku, ložiska v Maďarsku na na Balkánu**

**Goethit**      **Fe O (OH)**       $\alpha$

- *rombický*, krystaly jehličkovité (příbramská „sametka“), agregáty vláknité, krápníkovité až celistvé, *rezavý, hnědý až černý*

- *součást limonitu*

**Lepidokrokit**   **Fe O (OH)**       $\chi$

- *podobný goethitu*

- *součást limonitu*

**Limonit:** směs hydroxidů a oxid-hydroxidů Fe, vzniká zvětráváním sulfidů železa, sideritu apod.

**Manganit**      **Mn O (OH)**       $\chi$

- *kosočtverečný*
- *černý*, na vrypu hnědý
- *součást manganomelanů*

**Manganomelany: (psilomelan, wad) – oxidy a hydroxidy Mn**

- jsou podobné amorfním látkám
- *wad – černý, zemitý: dendrity na puklinách hornin*
- *psilomelan – černý, kompaktní*

**Geneze: na ložiskách manganových rud** (Chvaletice v Železných horách)