

Neživá příroda I

Cvičení 3

Reálné struktury minerálů
Krystalové soustavy

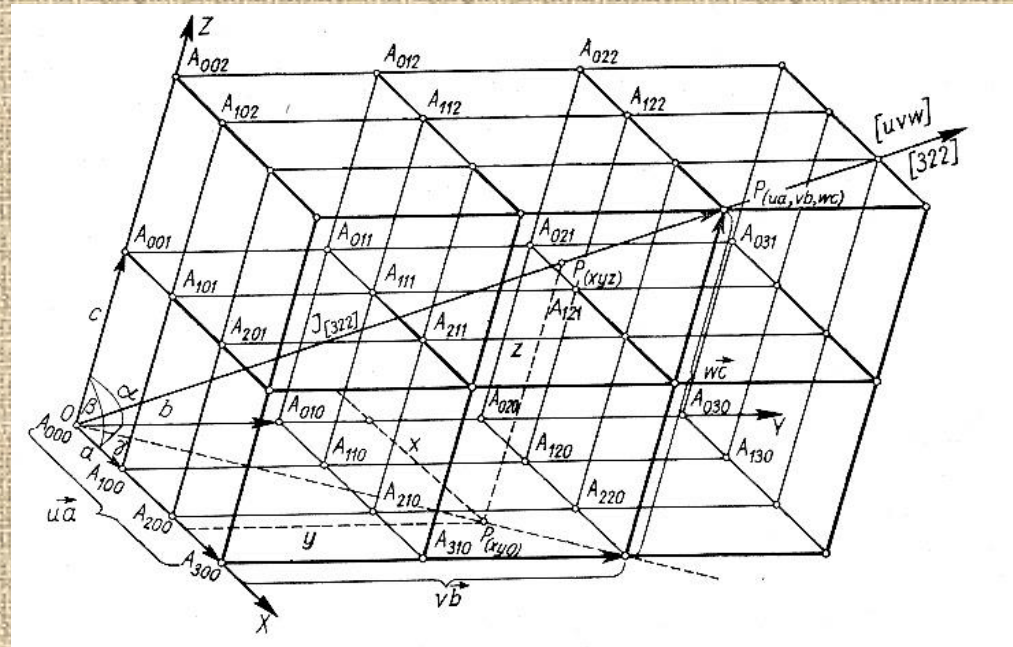
Model symetrie struktury – krystalová mřížka

Modelem symetrie struktury minerálů je **krystalová mřížka**. Kombinací všech prvků a operací symetrie dostaneme 230 možností, které popisují symetrii všech existujících krystalových struktur. Tyto kombinace se označují jako **prostorové grupy**.

Krystalovou strukturu reprezentují symetricky identické uzlové body uspořádané podle určité symetrie.

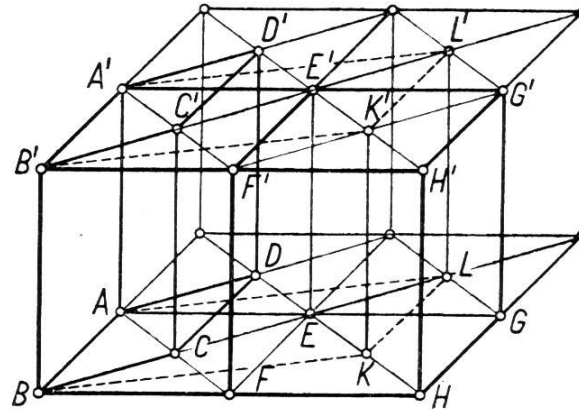
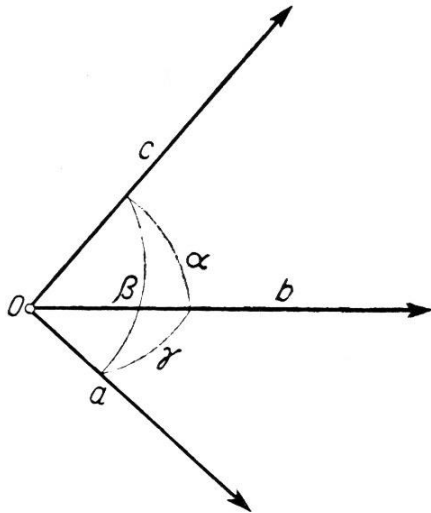
Vzdálenosti uzlových bodů jsou v daném směru stejné (perioda identity).

K orientaci v prostoru se běžně používá systém tří souřadných os x , y , z .

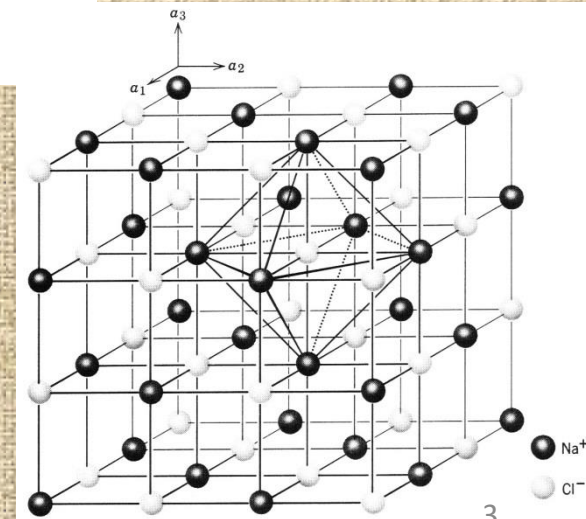


Základní buňka krystalové mřížky

Základní buňka mřížky je rovnoběžnostěn, jehož vrcholy jsou mřížkové uzly. Je vybrána podle určitých pravidel a charakterizuje symetrii celé struktury.



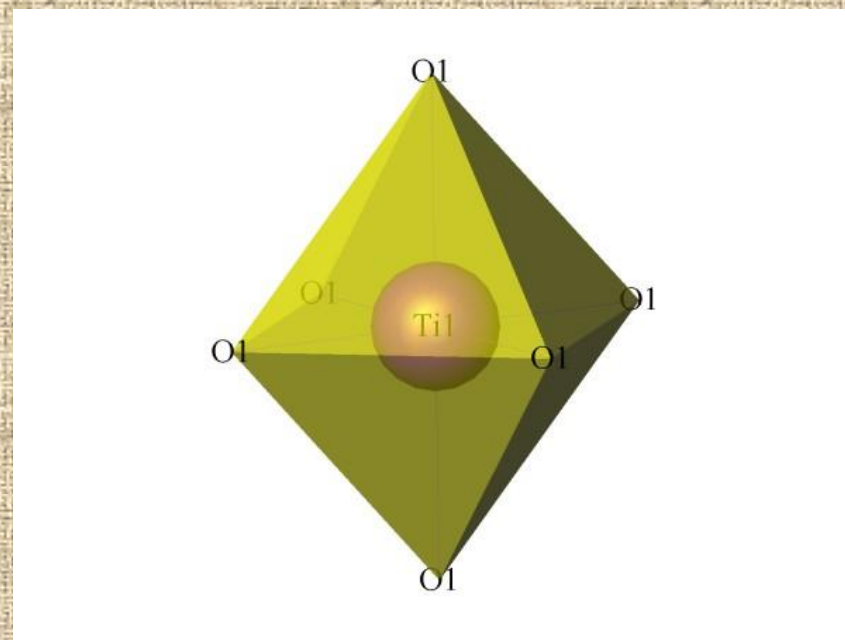
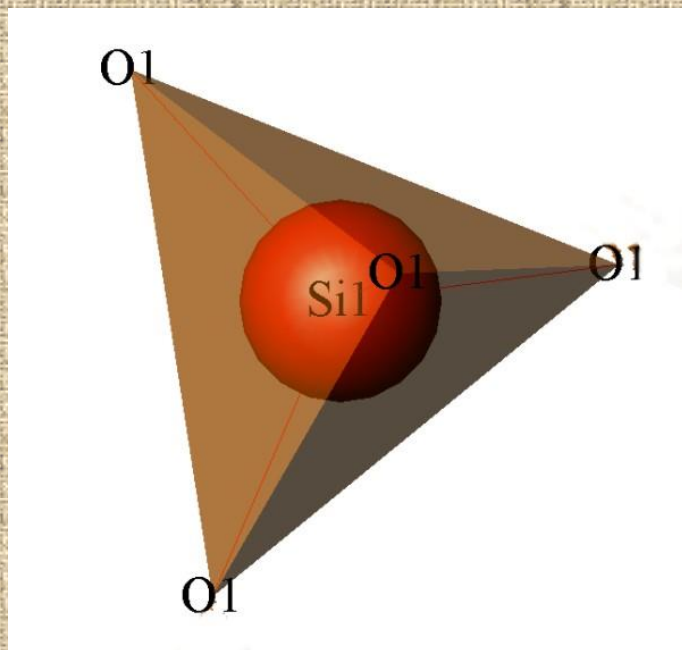
Základní buňka mřížky je určena velikostí mřížkových vektorů umístěných do hran rovnoběžnostěnu a třemi úhly, které tyto vektory svírají. Tyto hodnoty a , b , c , α , β , γ se označují jako **parametry buňky**.



Reálná struktura minerálů

V reálné krystalové struktuře jsou konkrétní atomy, ionty nebo molekuly uspořádány podle pravidel symetrie kolem uzlových bodů krystalové mřížky.

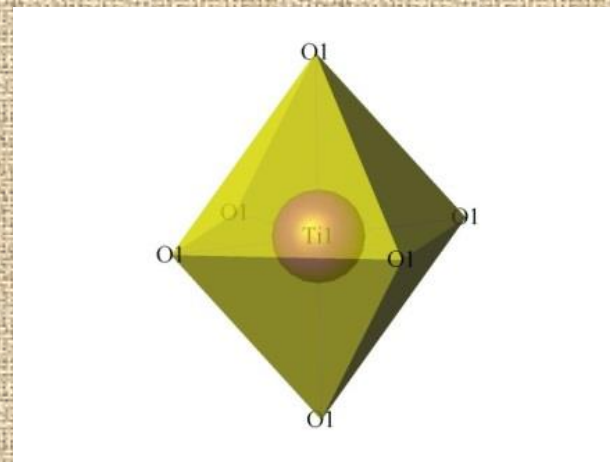
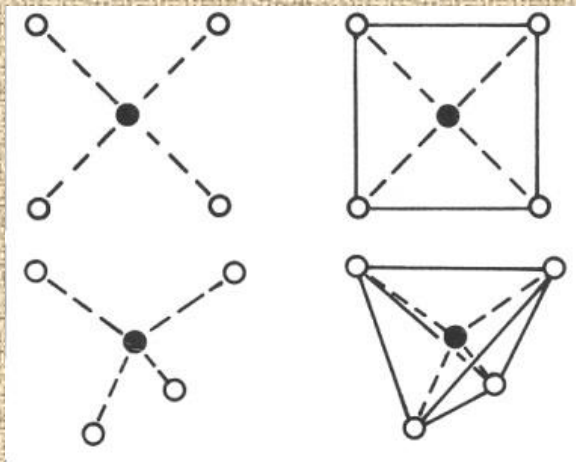
Pokud krystalovou strukturu tvoří opačně nabitě ionty, každý iont je obklopen ionty opačného znaménka, které tvoří **koordinační polyedr**.



Ve stabilní krystalové struktuře leží každý kationt v přibližném středu koordinačního polyedru aniontů a naopak.

Struktury minerálů – koordinační číslo

Počet nejbližších sousedů centrálního atomu nebo iontu ve struktuře je označován jako jeho **koordinační číslo** a polyedr, který vznikne spojením nejbližších sousedů, je nazýván **koordinační polyedr**.



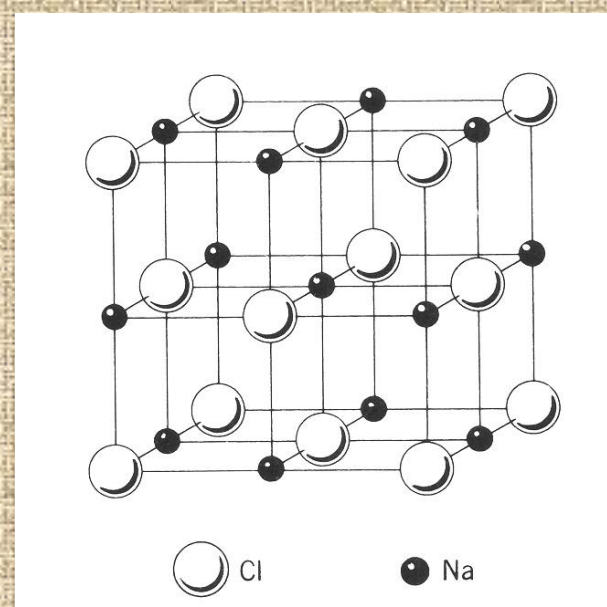
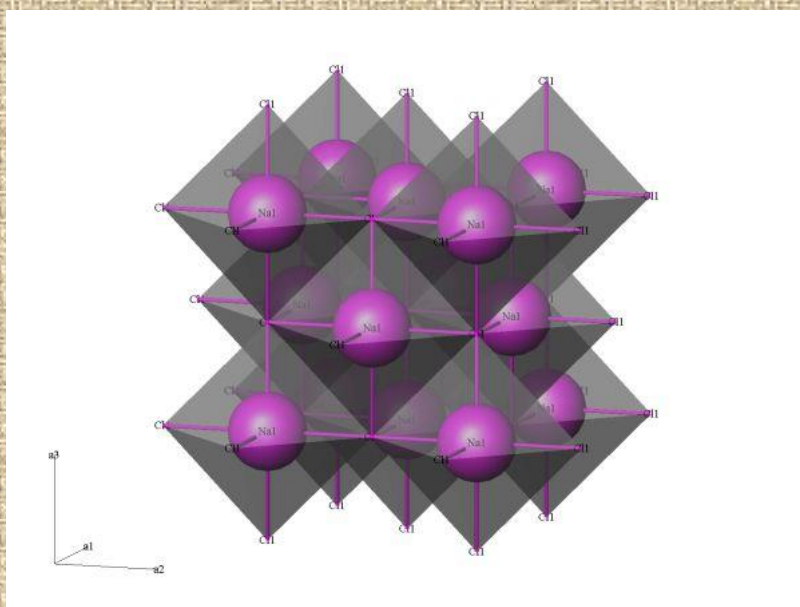
Ve strukturách silikátů je kationt hliníku Al^{+3} obklopen čtyřmi kyslíky vytvářejícími koordinační polyedr ve tvaru tetraedru, koordinační číslo hliníku je 4. Může však být obklopen šesti kyslíky ve tvaru oktaedru s koordinačním číslem 6.

Celkový počet kationtů a aniontů ve stabilní iontové struktuře musí být takový, aby krystal byl navenek elektricky neutrální.

Příklad struktury halitu (NaCl)

Mezi sodíkem a chlórem vzniká převážně iontová vazba. Sodík poskytne přebytečný elektron do valenčních orbitalů chlóru.

Ionty Na^+ a Cl^- mají přibližně kulovitý tvar, proto je výsledná symetrie struktury kubická. Každý iont je obklopen šesti opačně nabitými ionty (oktaedrická koordinace, koordinační číslo 6).



Iontový charakter vazeb způsobuje malou tvrdost halitu, nízký bod tání, nízkou hustotu a dobrou rozpustnost ve vodě.

Symetrie minerálů – krystalů

Symetrie základní buňky krystalové mřížky (tedy i její celé struktury) se u každého minerálu projeví i na jeho krystaly. Zatímco symetrii na úrovni atomů nevidíme, na krystalech je patrná velmi dobře.

Na symetrii krystalů najdeme všechny prvky symetrie kromě těch, které obsahují translaci.

Prakticky jsou tyto **beztranslační prvky symetrie**:

1, 2, 3, 4, 6, -4, i, m.

Na krystalech najdeme i jiné, ale ty lze vždy vyjádřit pomocí těchto osmi.

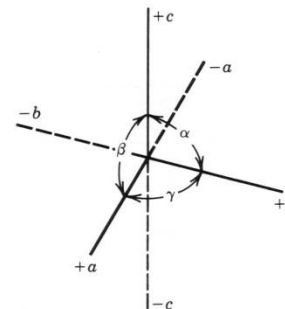
Jejich vzájemnou kombinací vznikne **32 bodových grup** (všechny prvky symetrie se protínají v jednom bodě. Bodové grupy lze podle společných znaků rozdělit do **7 krystalových soustav**.

Krystalografický osní kříž

Každý krystal patří do jedné ze sedmi krystalových soustav a lze jej v prostoru orientovat pomocí souřadných os.

Obecně se tento systém označuje jako **krystalografický osní kříž** dané soustavy.

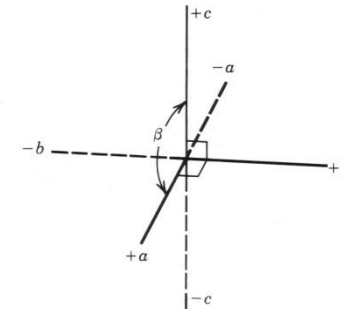
| | | |
|--------------|-------------------|---|
| triklinická | $a \neq b \neq c$ | $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ |
| monoklinická | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta > 90^\circ$ |
| rombická | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ |
| tetragonální | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ |
| trigonální | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$ |
| hexagonální | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$ |
| kubická | $a = b = c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ |



$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

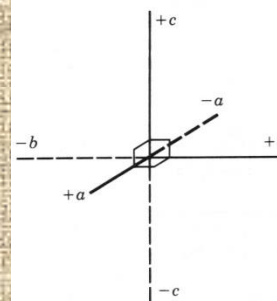
Triclinic



$$a \neq b \neq c$$

$$\beta > 90^\circ; \alpha = \gamma = 90^\circ$$

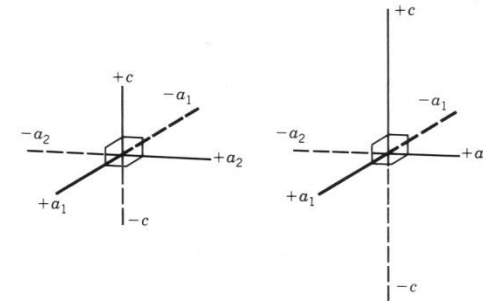
Monoclinic



$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

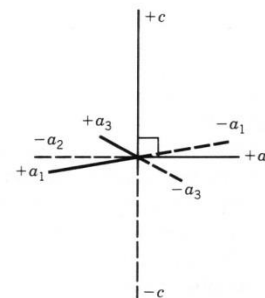
Orthorhombic



$$a = b \neq c; a = a_1; b = a_2$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

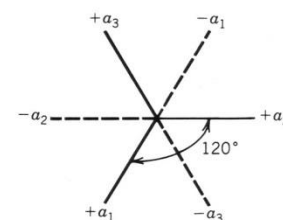
Tetragonal



$$a_1 = a_2 = a_3, \text{ intersecting at } 120^\circ$$

$$c \text{ perpendicular to plane with } a_1, a_2, a_3$$

Hexagonal



$$a_1 = a_2 = a_3; \text{ all axes at } 90^\circ \text{ to each other}$$

Isometric

Jak poznat krystalovou soustavu?

Představit si, do jakého krystalografického osního kříže patří konkrétní krystal, je většinou těžko řešitelný problém. V tento okamžik vám pomůže, pokud umíte na krystalu poznat přítomné prvky symetrie a určit jejich počet a vztah.

Krystal patří do soustavy:

1. **Triklinické**, pokud nemá žádný prvek symetrie nebo pouze střed symetrie.
2. **Monoklinické**, pokud najdete nejvýše jednu dvojčetnou rotační osu a/nebo nejvýše jednu rovinu symetrie.
3. **Rombické**, pokud najdete více než jednu dvojčetnou rotační osu a/nebo více než jednu rovinu symetrie.
4. **Tetragonální**, pokud najdete právě jednu čtyřčetnou rotační nebo inverzní osu symetrie.
5. **Hexagonální**, pokud najdete právě jednu šestičetnou rotační nebo inverzní osu symetrie.
6. **Trigonální**, pokud najdete právě jednu trojčetnou rotační nebo inverzní osu symetrie.
7. **Kubické**, pokud najdete více než jednu trojčetnou rotační nebo inverzní osu symetrie.

Jak poznáme prvky symetrie na krystalu?

Jak poznáte střed, rovinu nebo osu symetrie na krystalu?

Krystal má **střed symetrie**, pokud každá plocha má na opačném konci krystalu svůj obraz otočený o 180° . Střed symetrie je v těžišti krystalu.

Krystal má **rovinu symetrie**, pokud existuje rovina procházející středem krystalu, která pólí krystal na dvě zrcadlově shodné poloviny.

Dvou, tří, čtyř nebo šestičetná **osa rotační symetrie** prochází středem krystalu a je možné kolem ní krystalem otáčet tak, že se krystal dostává do nerozlišitelných poloh po 180° , 120° , 90° resp. 60° .

Čtyřčetná **inverzní osa symetrie** se na krystalu jeví jako dvojčetná s tím, že spodní a horní polovina krystalu je vůči sobě otočena o 90° .

Ostatní **inverzní osy symetrie** lze na krystalech vyjádřit takto:

- ✓ Jednočetná inverzní osa symetrie: i
- ✓ dvojčetná inverzní osa symetrie: m
- ✓ trojčetná inverzní osa symetrie: $(3 + i)$
- ✓ šestičetná inverzní osa symetrie: $(3/m)$

Zapamatujte si ...

Je dobré vědět, že:

- ✓ 230 prostorových grup určuje symetrii krystalových struktur a obsahuje všechny prvky a operace symetrie či jejich vzájemné kombinace
- ✓ 32 bodových grup (krystalografických oddělení) definuje symetrii krystalů a obsahuje kombinace *beztranslačních* prvků a operací symetrie
- ✓ Struktura minerálů se skládá z koordinačních polyedrů jednotlivých iontů, které jsou uspořádány podle symetrie krystalové mřížky
- ✓ Symetrie krystalu minerálu je odrazem symetrie jeho struktury
- ✓ Každý krystal lze orientovat v prostoru vzhledem ke krystalografickému osnímu kříži konkrétní krystalové soustavy
- ✓ Krystalovou soustavu krystalu poznáme nejnázem analýzou jeho prvků symetrie