

Neživá příroda 1

Cvičení 2

Struktury minerálů

Operace a prvky symetrie

Krystalová struktura = struktura minerálu

KRYSTALOVÁ STRUKTURA (STRUKTURA MINERÁLU)

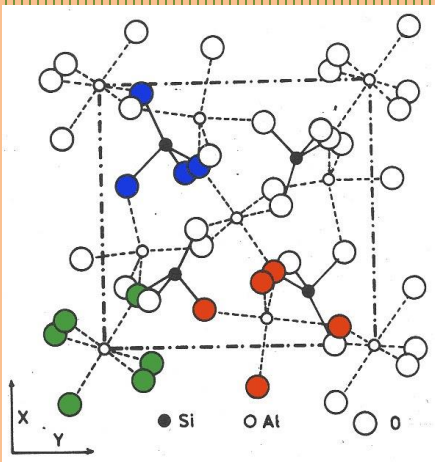
je tvořena ze dvou složek:

symetrie krystalové mřížky

+

báze

Symetrii mřížky je definována kombinací základních prvků a operací symetrie, viz dále.



Např.: KAlSi_3O_8
 $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Bázi můžeme vyjádřit jako **krystalochemický vzorec**, který zahrnuje všechny prvky zúčastněné na stavbě struktury minerálu.

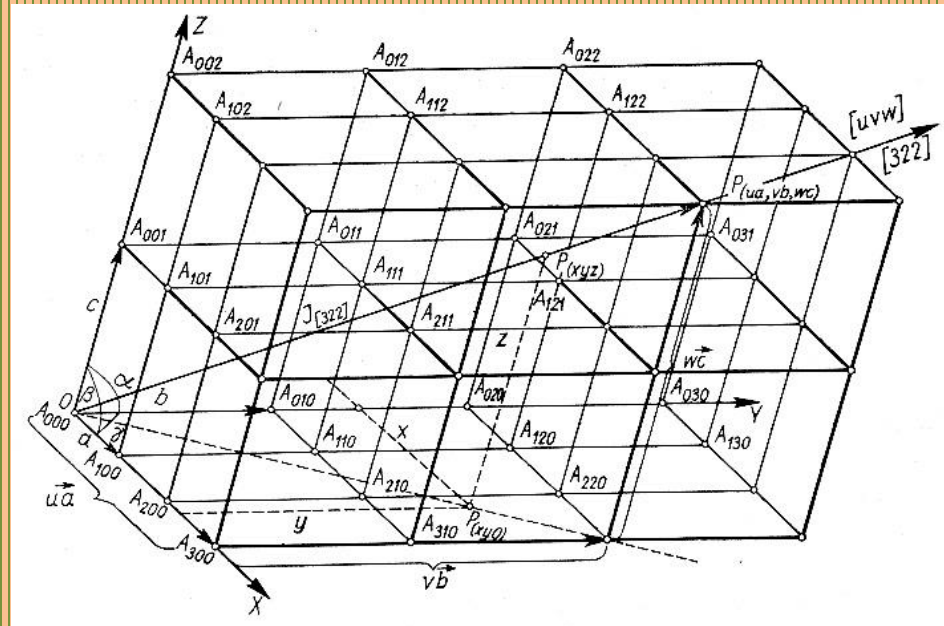
Model symetrie struktury – krystalová mřížka

Jak jsou uspořádány atomy a ionty v krystalové struktuře?

Modelem symetrie struktury minerálů je **krystalová mřížka**.
Pravidla symetrie umožňují existenci **230 prostorových grup**, které
popisují symetrii všech existujících krystalových struktur.

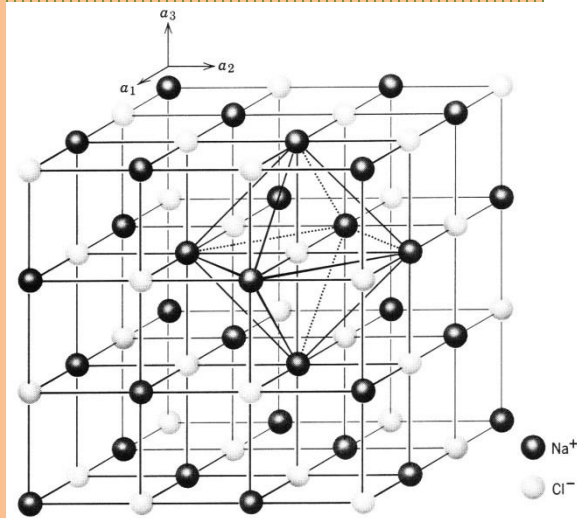
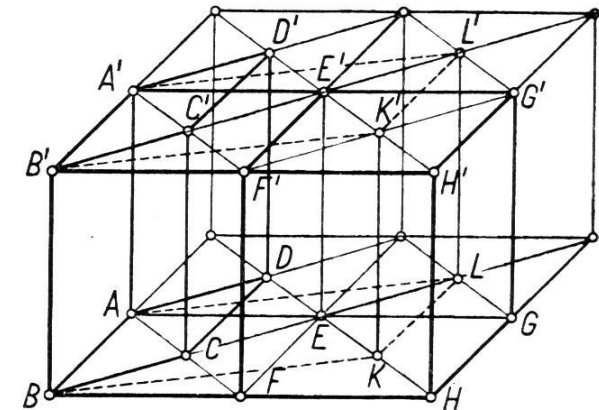
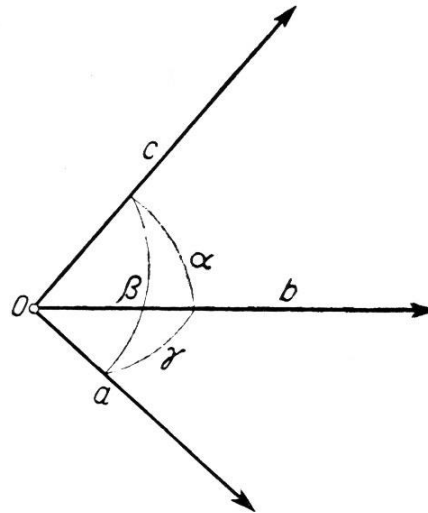
Krystalovou strukturu reprezentují
identické uzlové body uspořádané
podle určitých pravidel symetrie.

K orientaci v prostoru se běžně
požívá 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**.

Morfologie krystalu

Krystal každého minerálu se skládá z:

- ✓ krystalových ploch
- ✓ krystalových hran
- ✓ krystalových rohů

Na krystalu stanovte počet hran podle Eulerovy rovnice:

$$P + R = H + 2$$

Operace a prvky symetrie

Co je to symetrie a jak se projevuje?

Operace symetrie je geometrické transformace, která zachovává vzájemné vzdálenosti v tělese.

Prvky symetrie jsou geometrické prvky (bod, přímka, rovina), vůči nimž provádíme s tělesem příslušnou operaci symetrie.

Uzavřené operace symetrie jsou takové, při jejichž provádění zůstává alespoň jeden bod transformovaného tvaru nepohyblivý.

inverze

Střed symetrie (inverze)

zrcadlení

Rovina symetrie (zrcadlení)

rotace

Osa rotace (gyra)

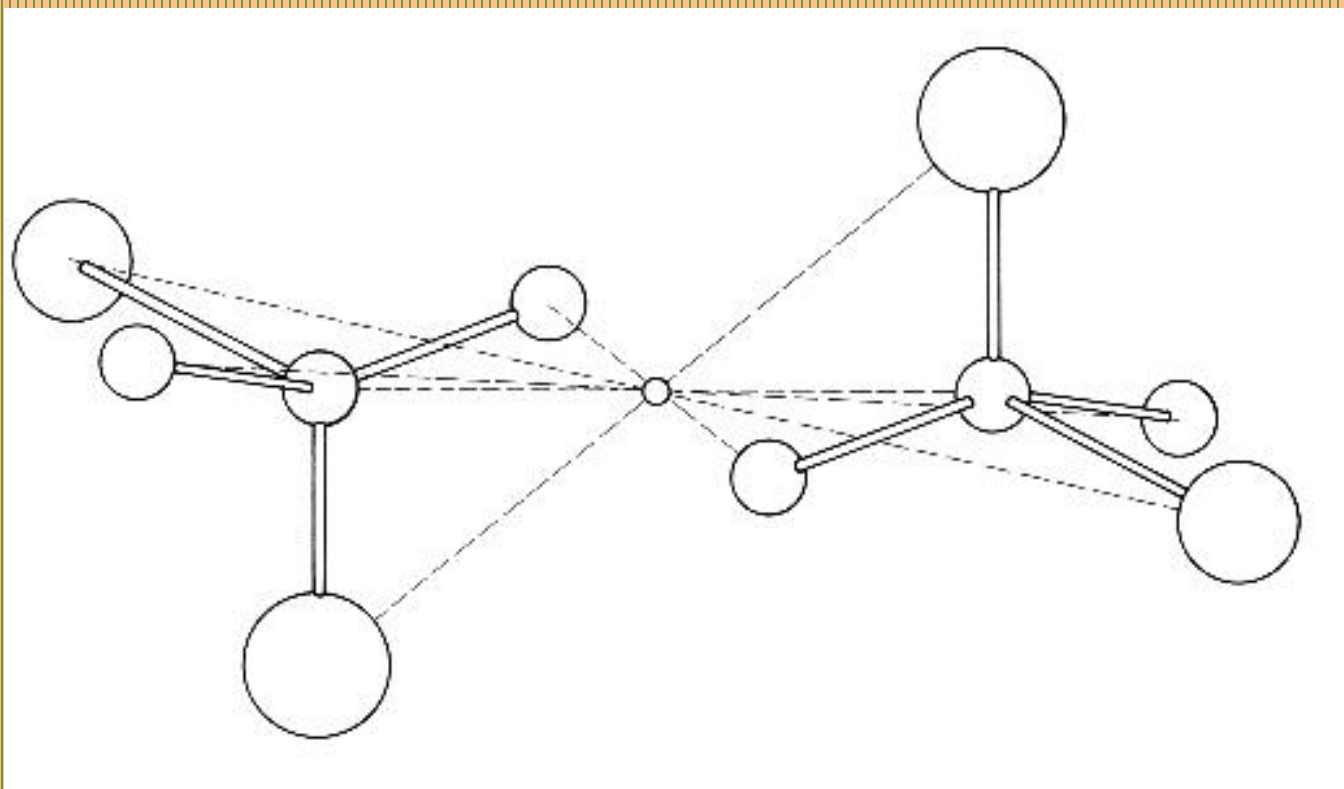
Otevřené operace symetrie vždy obsahují translaci a aplikované na libovolný objekt netransformují tento nikdy do výchozí polohy.

translace

Translační vektor

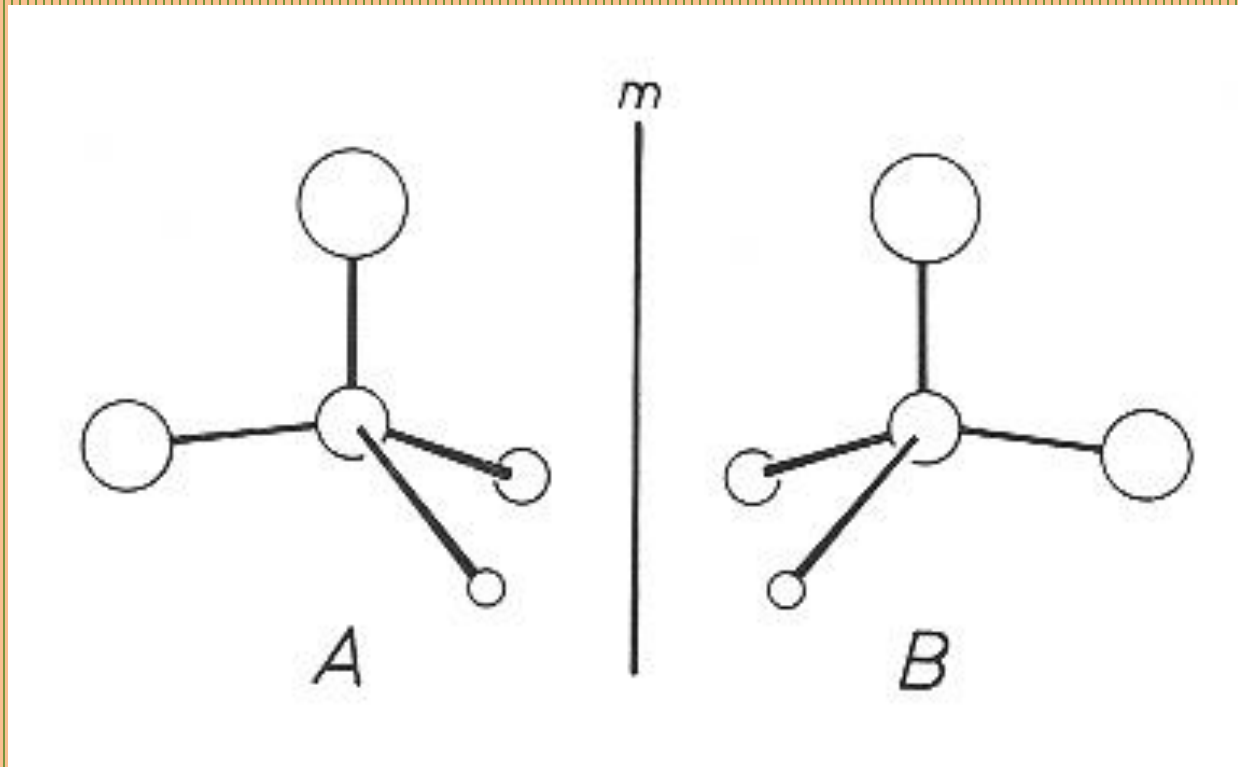
Inverze – střed symetrie

Střed symetrie nebo střed inverze (značení i , $\bar{1}$, C_i) je jednoduchým prvkem symetrie, podle kterého provádíme operaci inverze. Střed symetrie není v reálné struktuře hmotným bodem.



Zrcadlení – rovina symetrie

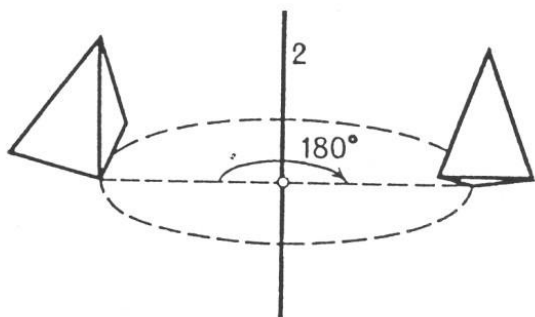
Rovina symetrie (m , σ) je jednoduchým prvkem symetrie, podle kterého provádíme operaci zrcadlení. V reálné struktuře se nejedná o hmotnou rovinu.



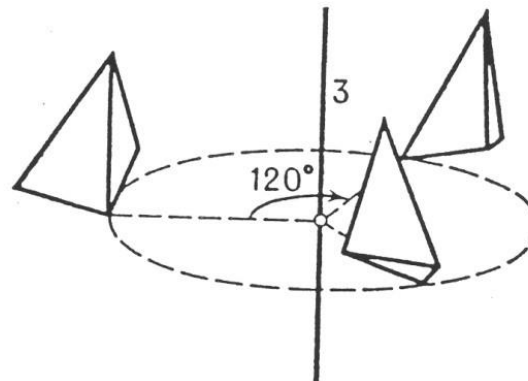
Rotace – osa rotace

Rotační osy symetrie (n) se rozlišují podle velikosti úhlu $\alpha = 2\pi/n$, o který je nutné n -krát otočit bodem kolem osy, abychom se přes nerozlišitelné ekvivalentní polohy vrátili zpět do výchozí polohy. Číslo n je **četnost osy rotace**.

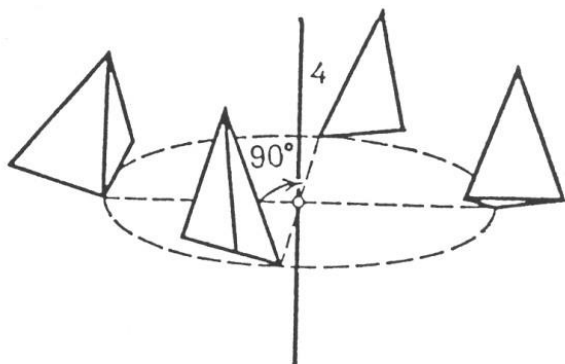
Rotační dvojčetná osa symetrie 2 nebo C_2



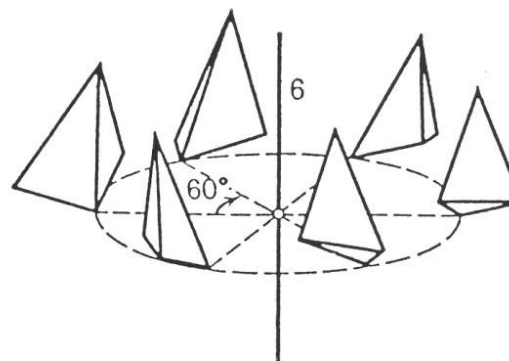
Rotační trojčetná osa symetrie 3 nebo C_3



Rotační čtyřčetná osa symetrie 4 nebo C_4



Rotační šestičetná osa symetrie 6 nebo C_6



Složené operace symetrie – inverzní osa rotace

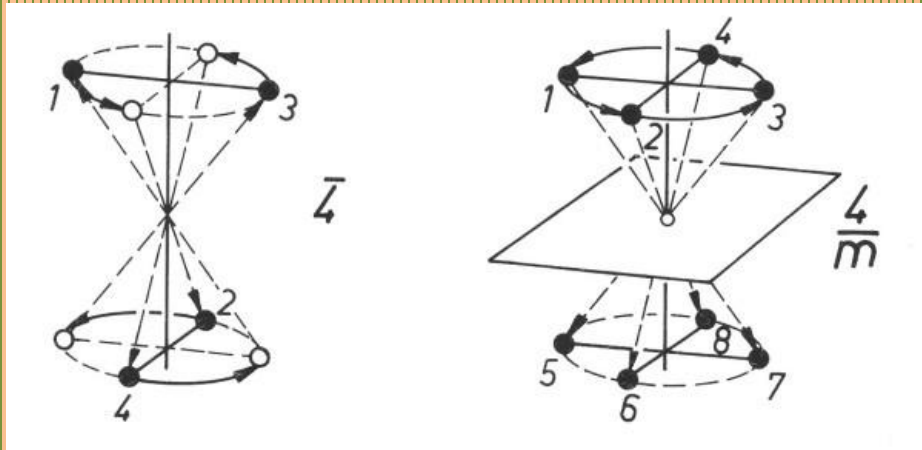
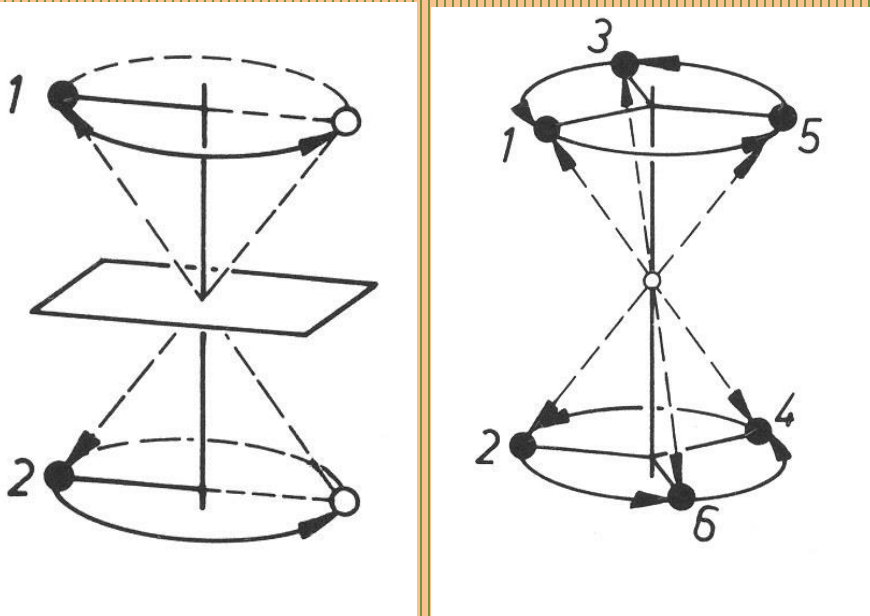
Rotační inverze je složená operace symetrie vzniklá střídáním rotace a zrcadlením podle středu symetrie.

Na vzor (atom, iont) aplikujeme jednotlivé operace „na střídačku“. Viz číslované body na obrázku. Na pořadí operací nezáleží, musí se však provádět jako celek.

Inverzní osy symetrie (gyroidy) se označují podobným symbolem jako rotační osy, ale s pruhem nad číslicí.

Symetrii podle inverzních os lze někdy nahradit kombinací základních prvků symetrie:

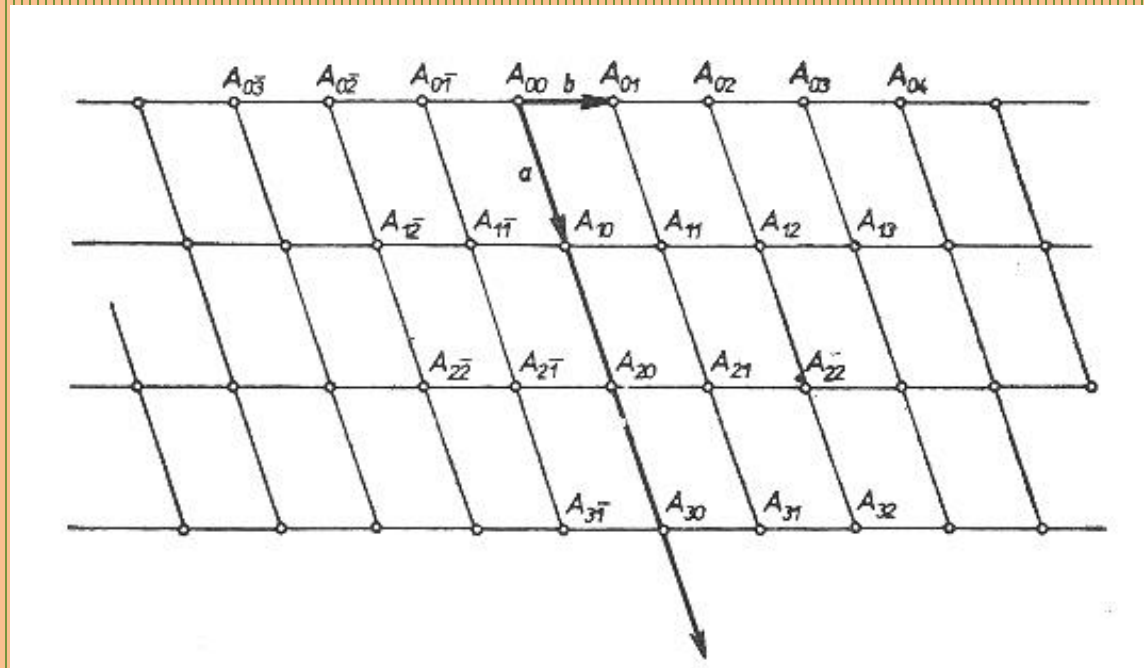
- 1 = i
- 2 = m
- 3 = 3 + i
- 4 = nelze nahradit
- 6 = 3 \perp m



Translace – vektor posunutí

Translace je operace symetrie, kdy obraz (atom, iont) je posunován v určitém směru o určitou vzdálenost a to opakovaně až do nekonečna. Vše ukazuje obrázek ve dvou směrech.

Translační vektor nebo vektor translace je prvek symetrie, podle kterého se translace provádí. V krystalové mřížce se opět nejedná o hmotný tvar. Pouze definuje směr a velikost.



Prvky symetrie na krystalech

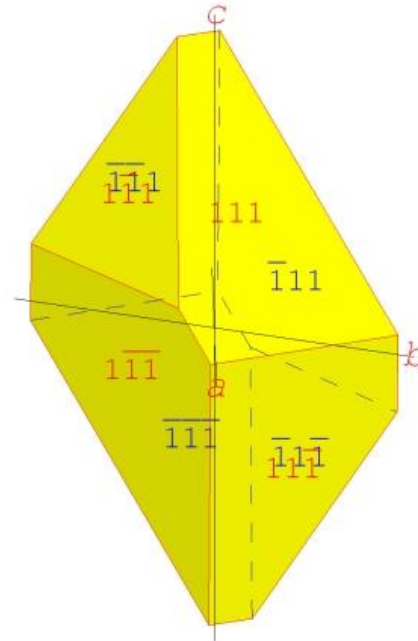
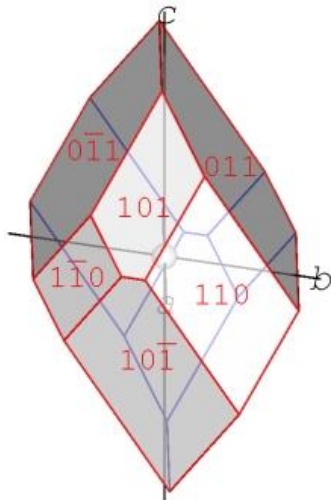
Pro symetrii krystalů (těles minerálů), které můžeme běžně pozorovat, platí stejné prvky a operace symetrie, kromě translace. Tu najdeme pouze na atomární úrovni krystalových mřížek.

Na krystalech najdete pouze tyto beztranslační prvky symetrie:
i, 1, 2, 3, 4, 6, -4, m

Střed symetrie

Jak poznáte na krystalu, že má střed symetrie?

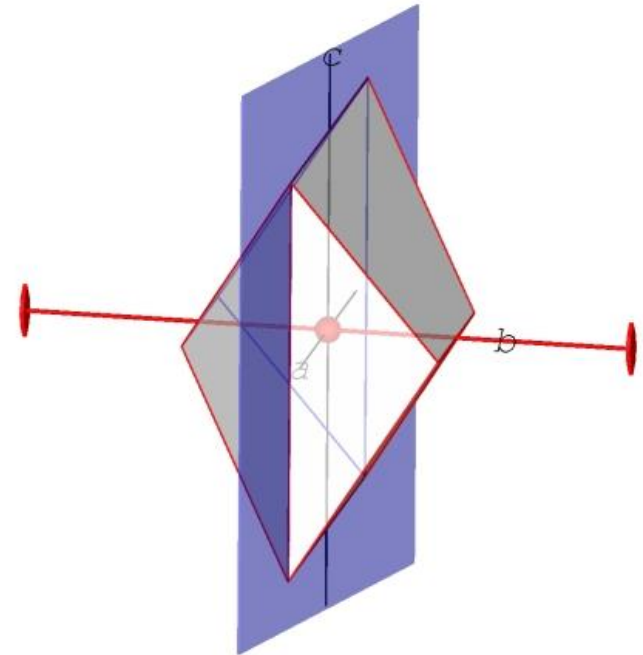
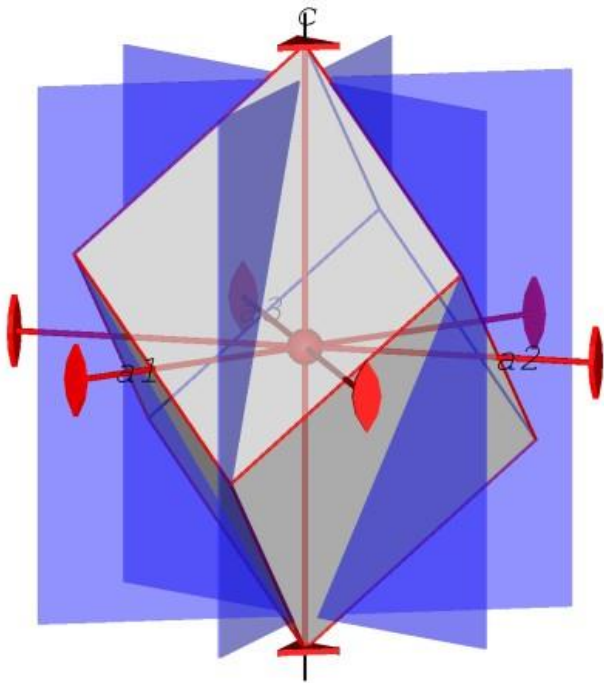
Každá plocha krystalu má na opačném konci protiplochu stejného tvaru a velikosti, pouze otočenou o 180° . Vznikla zrcadlením přes střed symetrie umístěném v pomyslném těžišti krystalu.



Rovina symetrie

Jak poznáte na krystalu přítomnost roviny symetrie?

Rovinou symetrie krystalu je každá rovina procházející středem (těžištěm) krystalu, která pŕl krystal na dvě zrcadlově stejné poloviny.
Na obrázku roviny symetrie označeny modře.



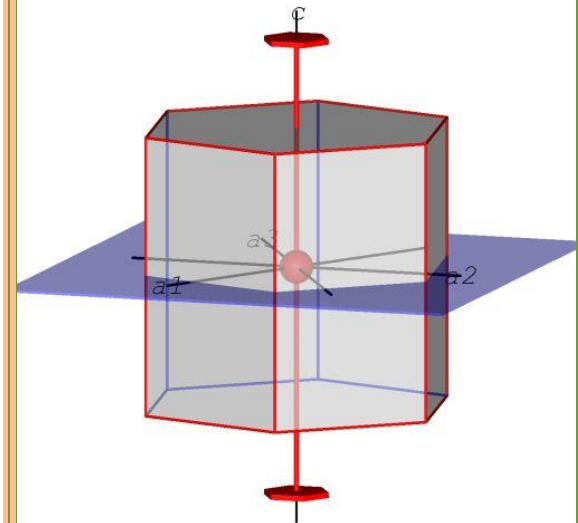
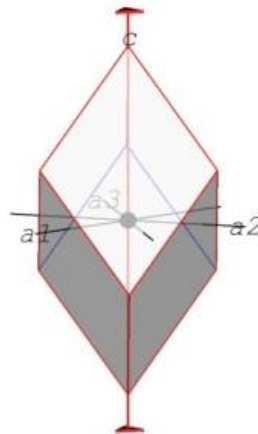
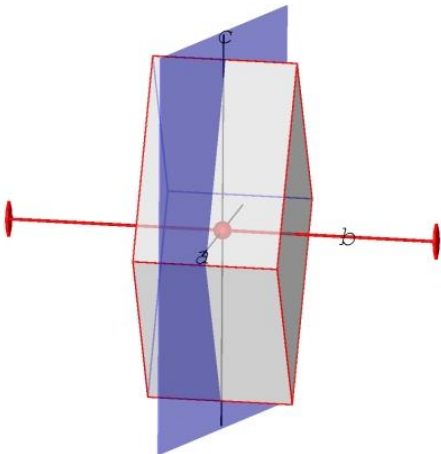
Osa symetrie

Jak poznáte na krystalu osu symetrie?

Každá osa symetrie prochází středem krystalu a vychází z něj na opačných koncích.

- dvojitá osa se vždy po 180° dostane do identických (nerozlišitelných) poloh
- trojitá osa se vždy po 120° dostane do identických (nerozlišitelných) poloh
- čtyřčetná osa se vždy po 90° dostane do identických (nerozlišitelných) poloh
- šestičetná osa se vždy po 60° dostane do identických (nerozlišitelných) poloh

Na obrázku je dvojitá osa označena červeně.



Význam symetrie krystalů

Většina minerálů vytváří krystaly s určitou symetrií. Jejich symetrie pak může být diagnostickým znakem při určování minerálů.

Většinou nám stačí poznat krystalovou soustavu minerálu – tedy zajímá nás **krystalografický osní kříž**. Jeho určení je obvykle složité.

Příště si ukážeme, jak snadno určit krystalovou soustavu z prvků symetrie konkrétního krystalu.