

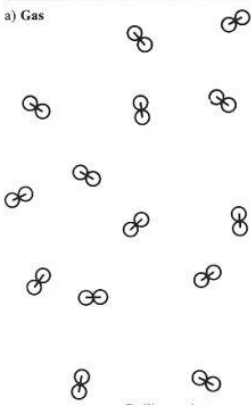


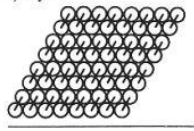

Neživá příroda 1

Struktury minerálů
Symetrie krystalických látek

Skupenství látek

Jaká skupenství látek znáte?
Jak se vzájemně liší?

V **plynném skupenství** je kinetická energie tepelného pohybu částic tak velká, že jejich vzájemnou interakci můžeme zanedbat.

Representation of the state	Retention of shape	Retention of volume	Distribution of molecules	Physical properties
<p>a) Gas</p>  <p>Boiling point</p>	No	No	Statistically homogeneous ¹	 <p>Isotropic²</p>
<p>b) Liquid</p>  <p>Melting point</p>	Yes	No		
<p>c) Crystal</p> 	Yes	Yes	Periodically homogeneous ¹	 <p>Anisotropic³</p>

S klesající teplotou klesá kinetická energie a mezi částicemi se začínají více uplatňovat vazební interakce a látka přechází do **skupenství kapalného**.

Při ochlazení pod bod tuhnutí, je kinetická energie částic tak nízká, že jednotlivé částice jsou navzájem spojeny - vzniknou stabilní chemické vazby.

Mluvíme potom o **skupenství pevném** (tuhém).

Pevné látky mohou být podle své struktury:

- ✓ AMORFNÍ
- ✓ KRYSTALICKÉ

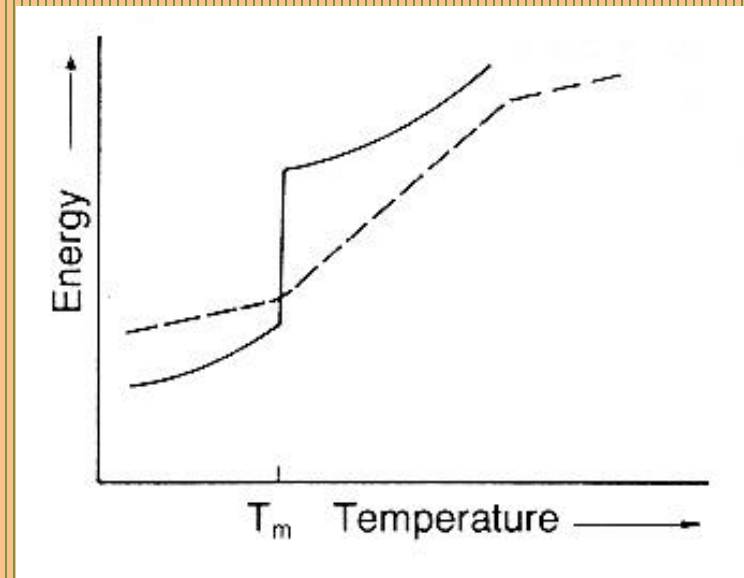
Látky amorfní

Jak můžeme charakterizovat látky amorfní?
Jaké amorfní látky znáte?

Seskupení atomů látek v pevném stavu může být náhodné a strukturální stav se podobá kapalinám, mluvíme o **látkách amorfních**.

Pro amorfní látky je příznačná **izotropie** fyzikálních i chemických vlastností a nejednoznačná **teplota tání** (tání probíhá v širokém teplotním intervalu).

V přírodě nejsou amorfní látky až tak vzácné, vznikají často při rychlém tuhnutí lávové taveniny. Postupně pak procházejí rekrytalizací a mění se na látky krystalické – tedy minerály.



Látky krystalické

Látky krystalické jsou pevné látky, jejichž stavební částice jsou spojovány do *stavebních jednotek* a ty jsou v prostoru rozmístěny periodicky (pravidelně).

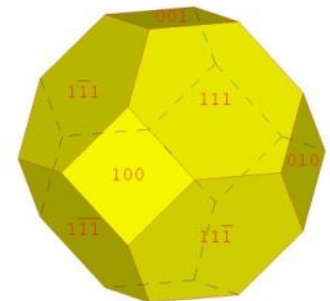
Jak můžeme charakterizovat látky krystalické?
Jaké krystalické látky znáte?

Krystal je těleso tvořené krystalickou látkou.

Pro látky krystalické (krystaly) platí:

- ✓ krystal má pevné chemické složení a ostrý bod tání, který je pro danou látku charakteristický.
- ✓ krystal má schopnost omezit svůj vnější tvar plochami, které se sbíhají v hranách a rozích.

Běžnými stavebními jednotkami v minerálech jsou například tetraedry SiO_4 nebo AlO_4 nebo oktaedry MgO_6 , FeO_6 či AlO_6 . Tyto polyedry jsou vzájemně propojeny do struktury.



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.

Jak si představit strukturu látek?

Jak jsou uspořádány atomy a ionty v krystalové struktuře?
Jak „těsné“ je vyplnění prostoru atomy?

Princip uspořádání atomů a iontů v prostoru konkrétní struktury shrnuli Goldschmidt a Laves do tří jednoduchých pravidel:

Princip nejtěsnějšího uspořádání. Atom se v krystalové struktuře pokouší zaujmout takovou pozici, aby daný prostor využil co možná nejefektivněji.

Princip symetrie. Atom se snaží v krystalové struktuře zaujmout takovou pozici, aby symetrie jeho okolí byla co možná nejvyšší.

Princip interakce. Atom se snaží v krystalové struktuře dosáhnout maximální možnou koordinaci; snaží se získat maximální možný počet nejbližších susedů, se kterými může být v kontaktu.

Operace a prvky symetrie ve strukturách minerálů

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)

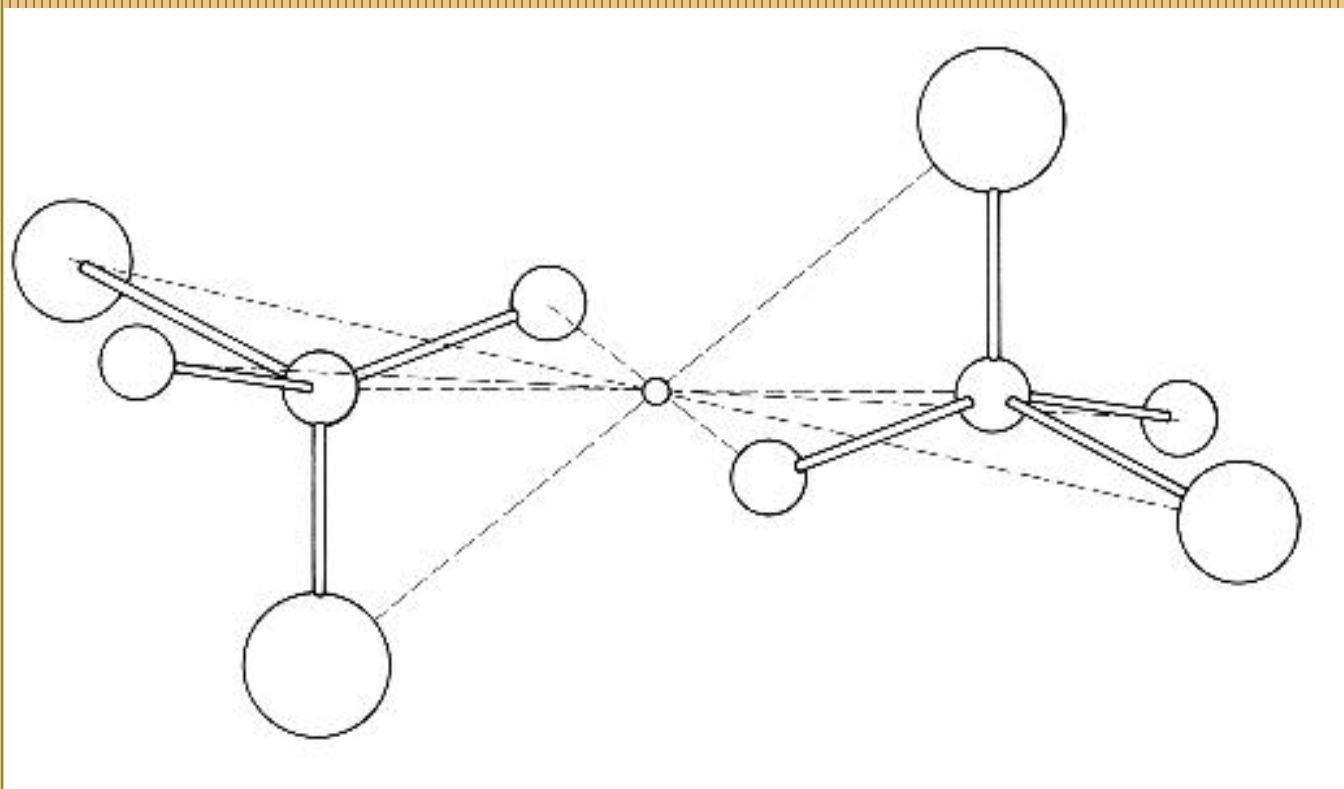
Otevřené operace symetrie vždy obsahují translaci a aplikované na libovolný objekt netransformují tento nikdy do výchozí polohy.

translace

Translační vektor

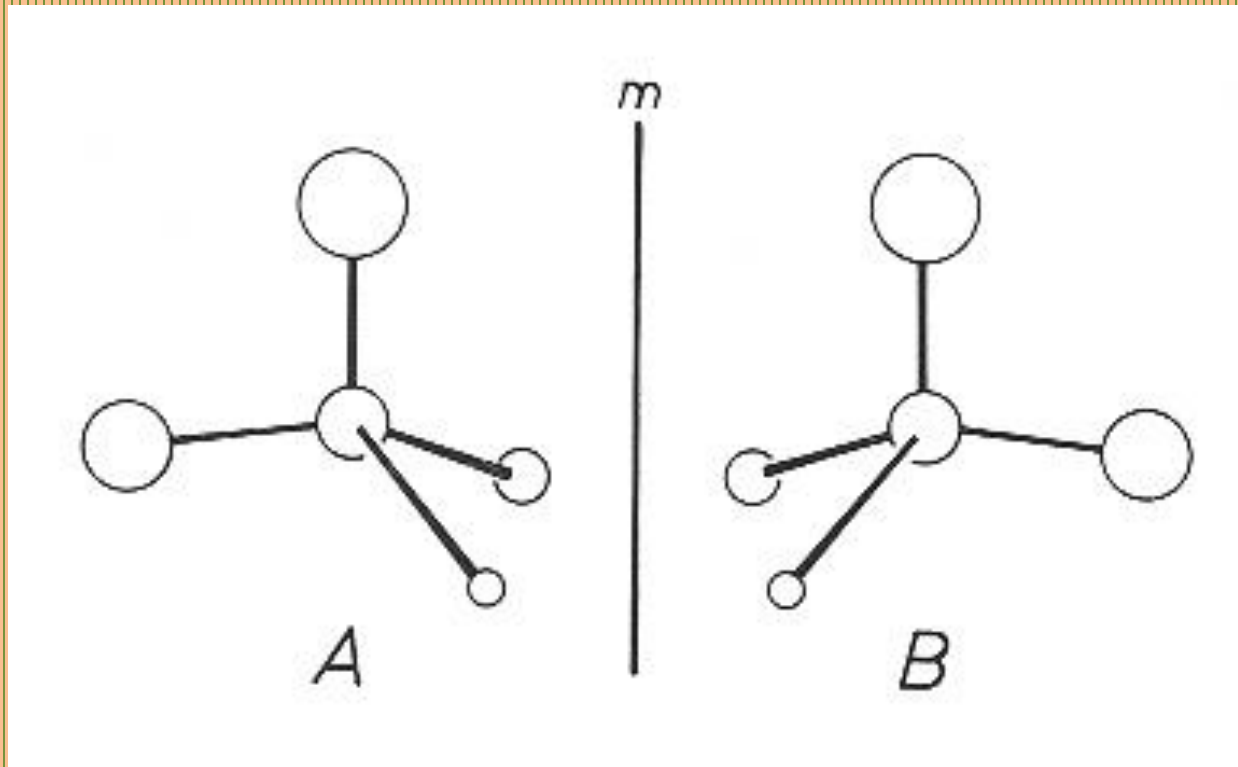
Inverze – střed symetrie

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

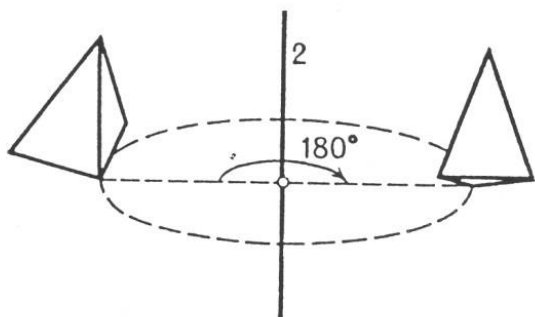
Rovina symetrie (m , σ) je jednoduchým prvkem symetrie, podle kterého provádíme operaci zrcadlení. V reálné struktuře se nejedná o hmotnou rovinu.



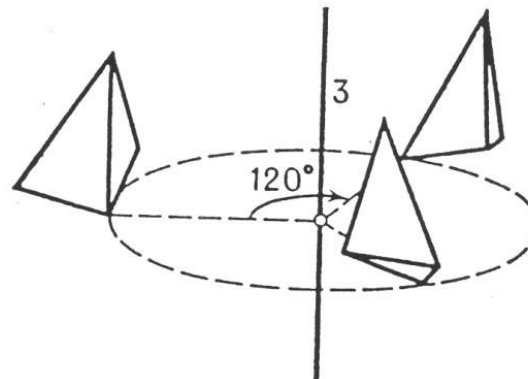
Rotace – osa rotace

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**.

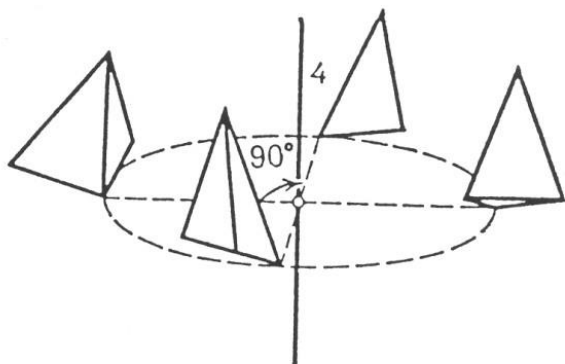
Rotační dvojčetná osa symetrie 2 nebo C_2



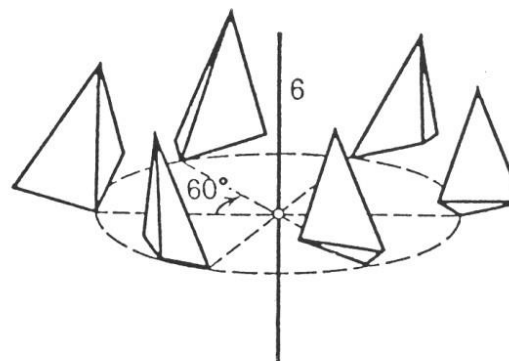
Rotační trojčetná osa symetrie 3 nebo C_3



Rotační čtyřčetná osa symetrie 4 nebo C_4



Rotační šestičetná osa symetrie 6 nebo C_6



Složené operace symetrie – inverzní osa rotace

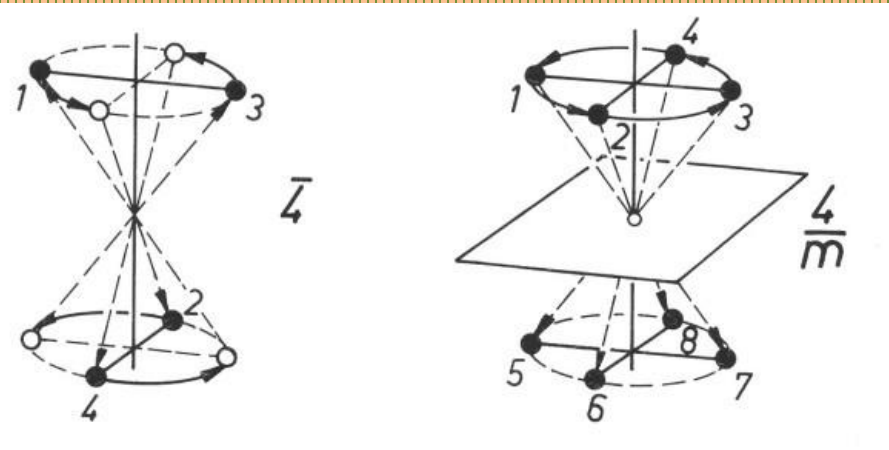
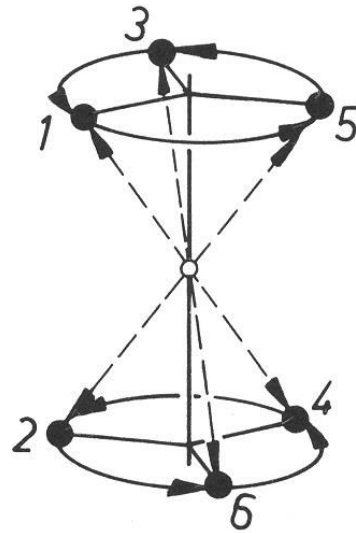
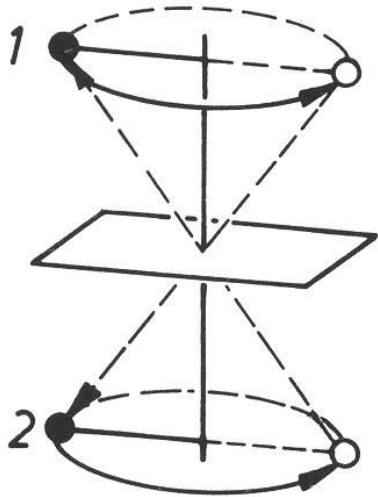
Rotační inverze je složená operace symetrie vzniklá střídáním rotace a zrcadlením podle středu symetrie.

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:

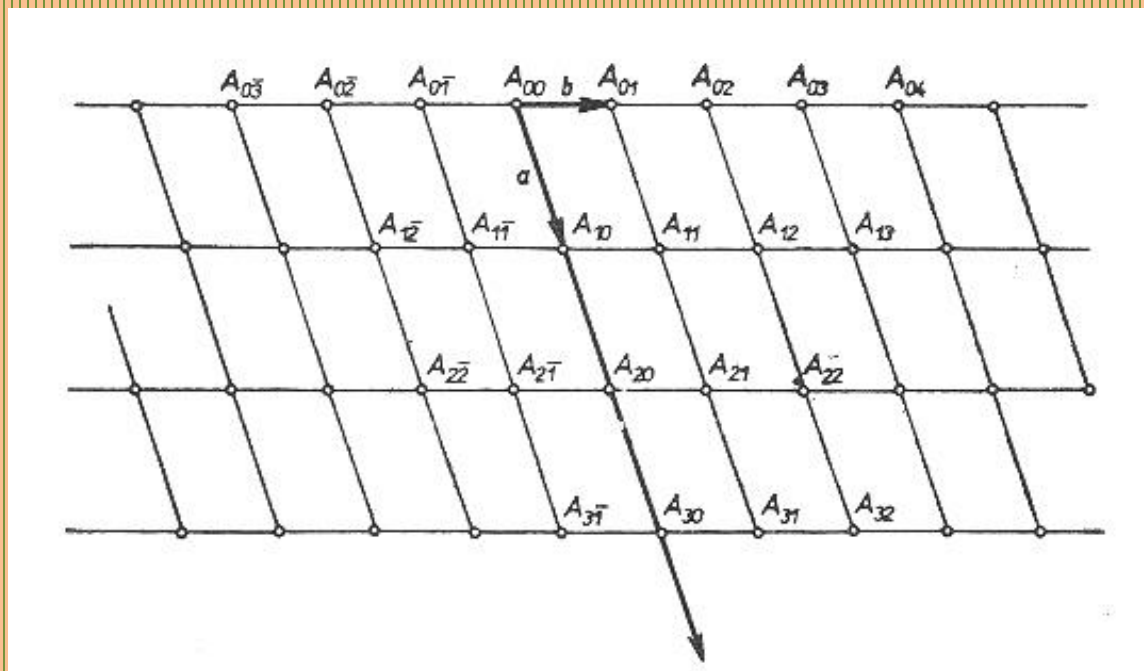
- 1 = i
- 2 = m
- 3 = 3 + i
- 4 = nelze nahradit
- 6 = 3 ⊥ m



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

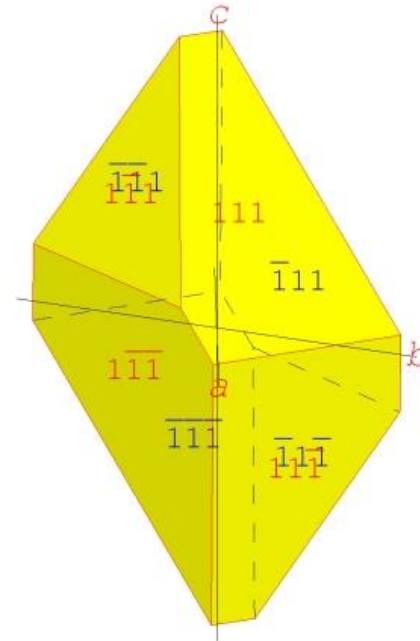
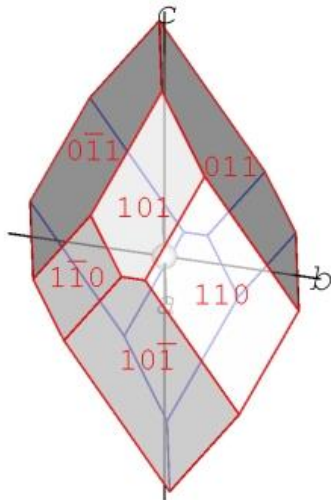
Pro symetrii krystalů (těles minerálů), které můžeme běžně pozorovat, platí stejné prvky a operace symetrie, kromě translace. Tu najdeme pouze na atomární úrovni krystalových mřížek.

Zkuste najít prvky symetrie na běžných věcech kolem nás.

Střed symetrie

Jak poznáte na krystalu, že má střed symetrie?

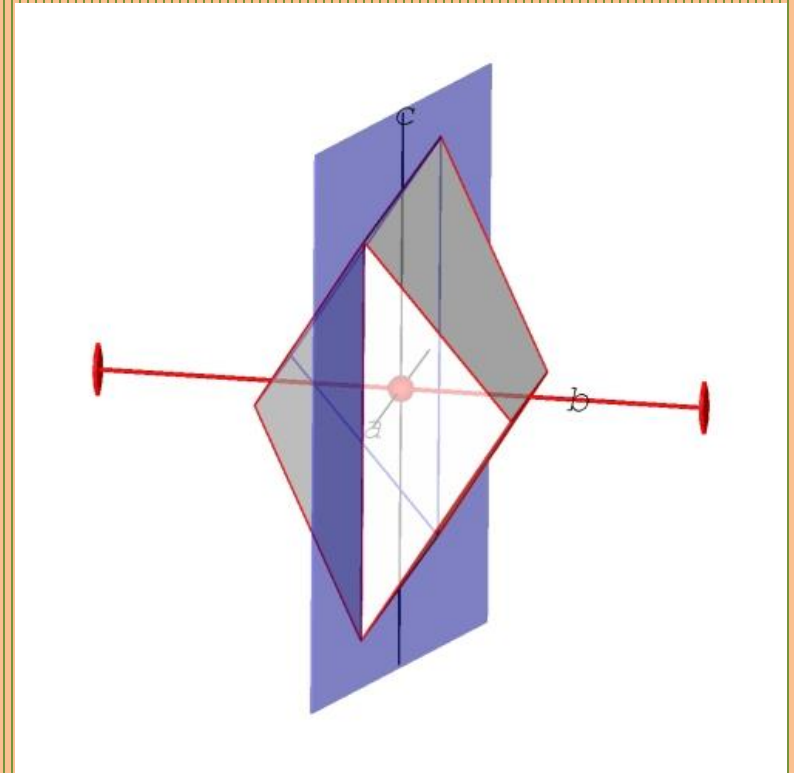
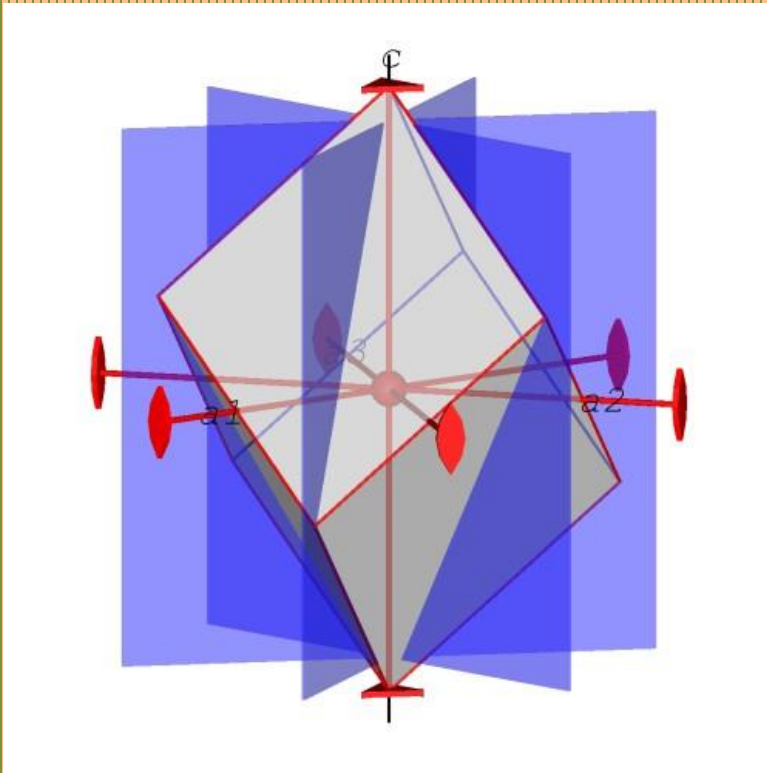
Každá plocha krystalu má na opačném konci protiplochu stejného tvaru a velikosti, pouze otočenou o 180° . Vznikla zrcadlením přes střed symetrie umístěném v pomyslném těžišti krystalu.



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.



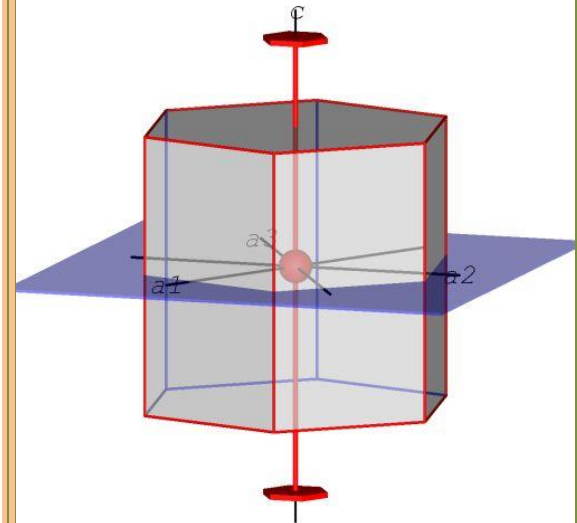
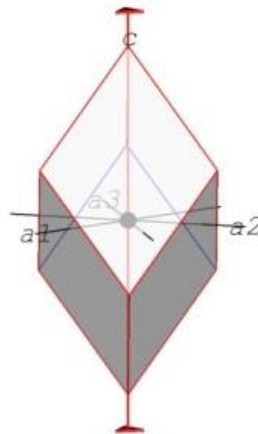
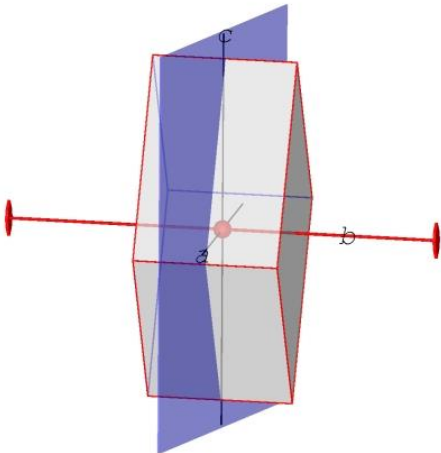
Osa symetrie

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 určitého krystalu.