

# Neživá příroda 1

**Struktury minerálů**  
**Symetrie krystalických látek**

# Skupenství látek

Jaká skupenství látek znáte?  
Jak se vzájemně liší?

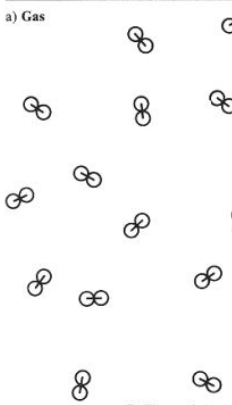


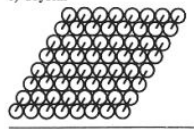

V **plynném skupenství** je kinetická energie tepelného pohybu částic tak velká, že jejich vzájemnou interakci můžeme zanedbat.

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

Representation of the state	Retention of shape	Retention of volume	Distribution of molecules	Physical properties
a) Gas 	No	No	Statistically homogeneous <sup>1</sup>	 Isotropic <sup>2</sup>
Boiling point b) Liquid 	Yes	No		
Melting point c) Crystal 	Yes	Yes	Periodically homogeneous <sup>1</sup>	 Anisotropic <sup>3</sup>

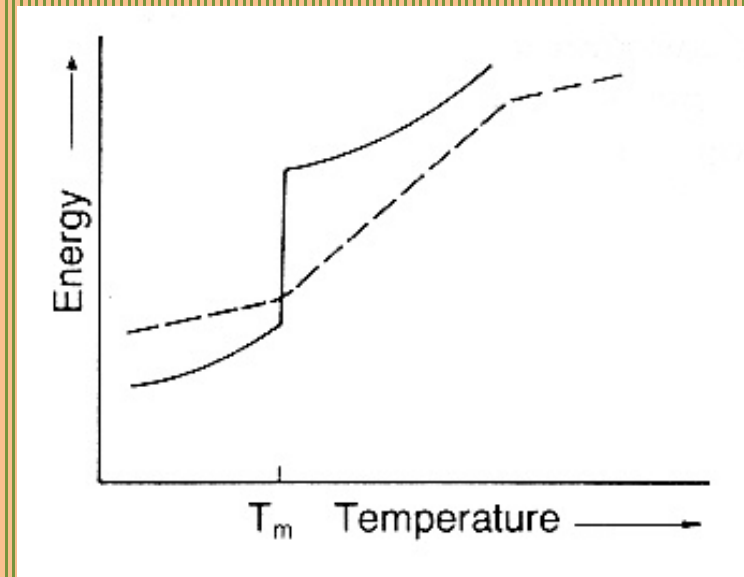
# Látky amorfní

Jak můžeme charakterizovat látky amorfní?  
Jaké amorfní látky znáte?

Seskupení atomů látek v pevném stavu může být náhodné a strukturní 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.

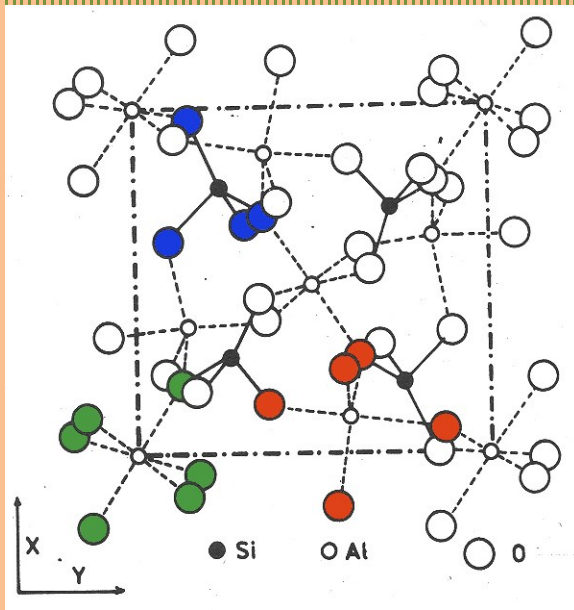


# Látky krystalické

**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?

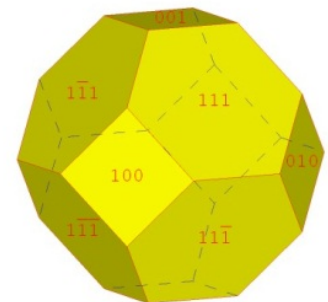
**Krystal** je těleso tvořené krystalickou látkou.



**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  $\text{SiO}_4$  nebo  $\text{AlO}_4$  nebo oktaedry  $\text{MgO}_6$ ,  $\text{FeO}_6$  či  $\text{AlO}_6$ . 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.:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$   
 $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

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

# 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)

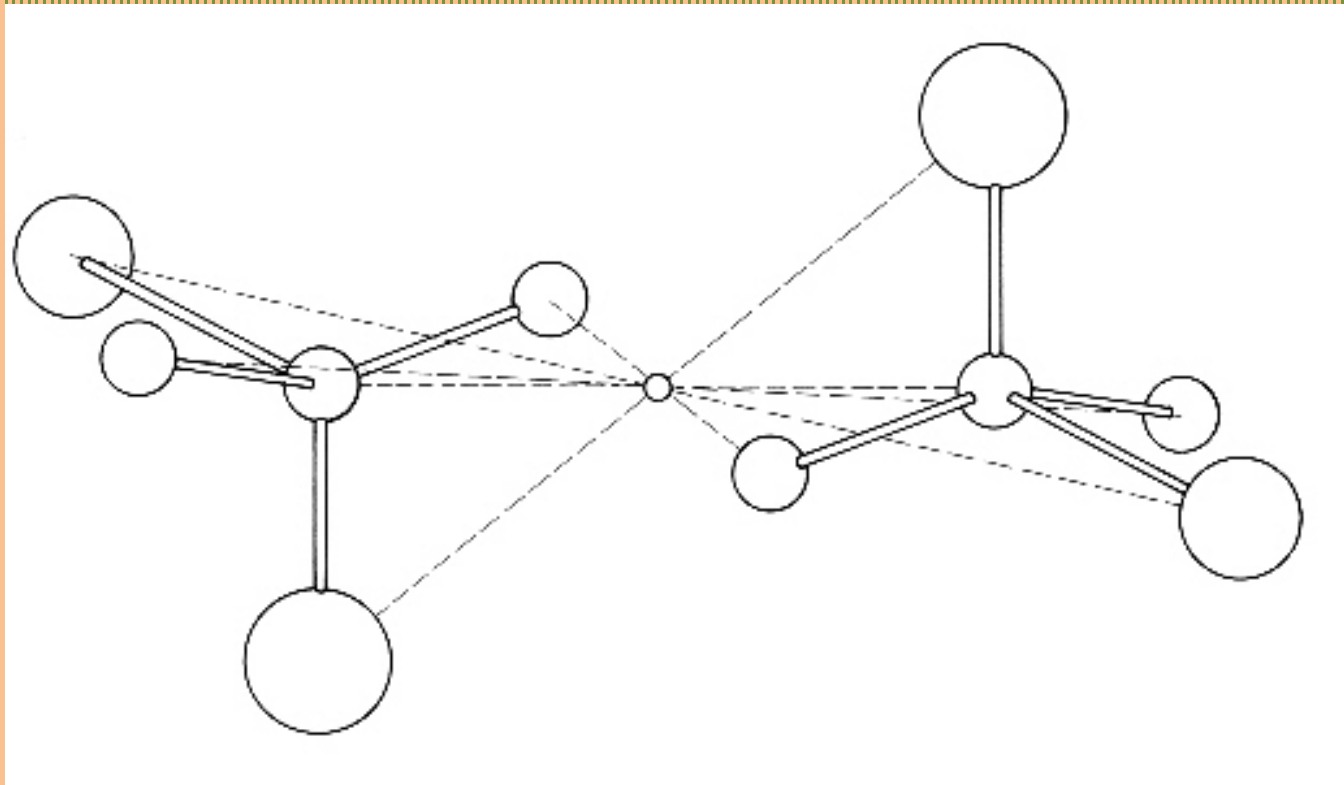
**Otevřené operace** symetrie vždy obsahují translaci a aplikované na libovolný objekt netransformují tento nikdy do výchozí polohy.

translace

Translační vektor

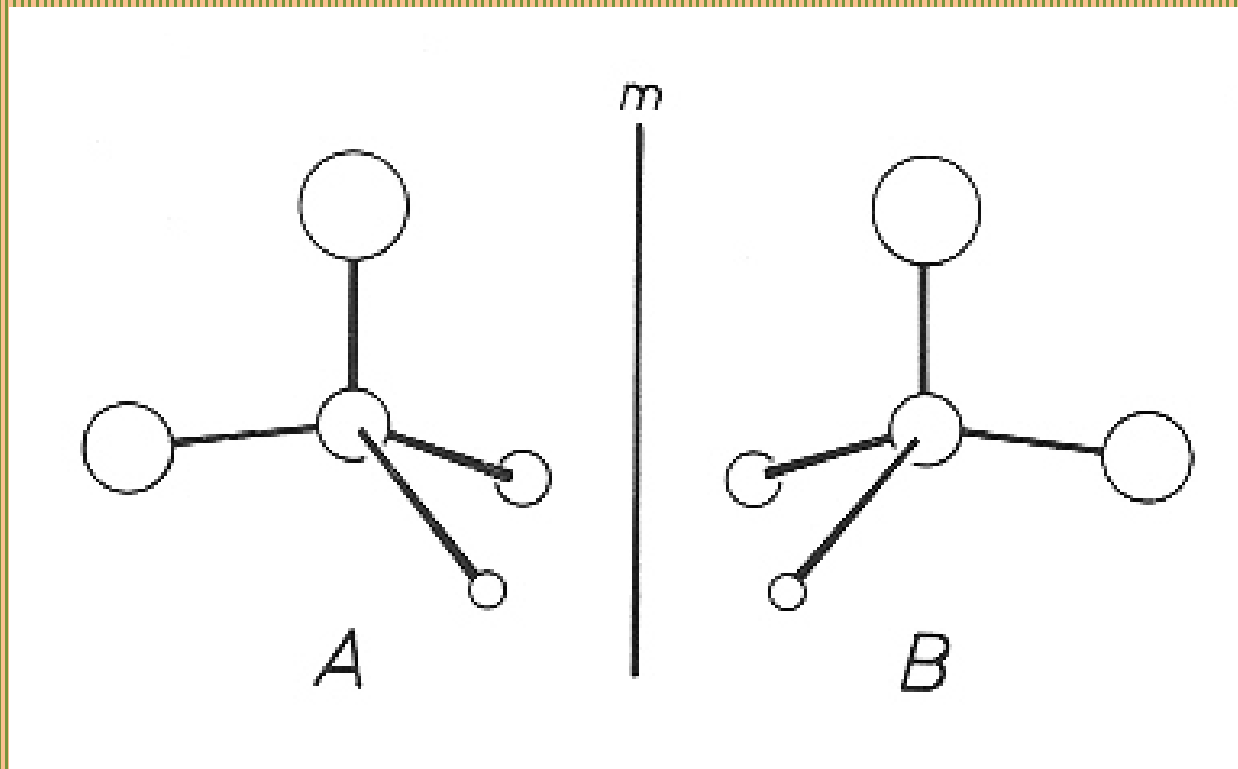
# Inverze – střed symetrie

**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** ( $m$ ,  $\sigma$ ) je jednoduchým prvkem symetrie, podle kterého provádíme operaci zrcadlení. V reálné struktuře se nejedná o hmotnou rovinu.

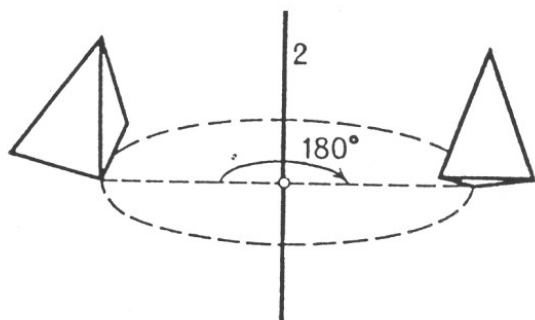




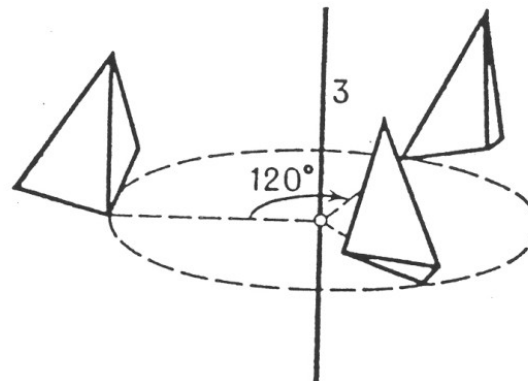
# Rotace – osa rotace

**Rotační osy** symetrie ( $n$ ) se rozlišují podle velikosti úhlu  $= 2\pi/n$ , 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**.

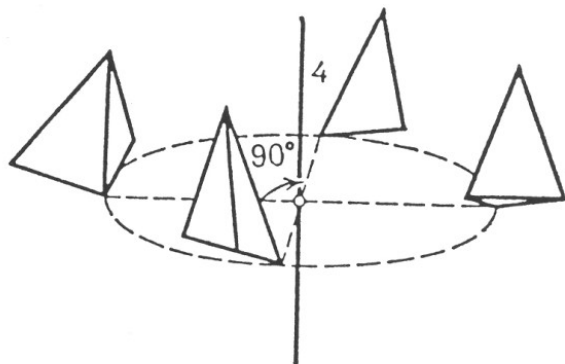
Rotační dvojčetná osa symetrie 2 nebo  $C_2$



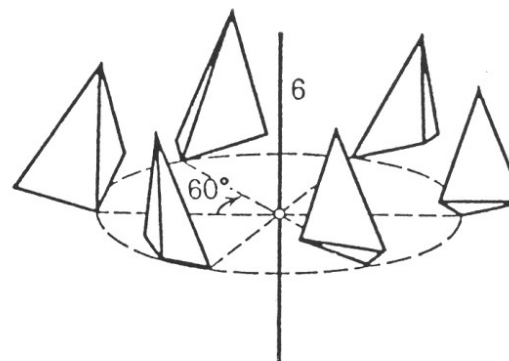
Rotační trojčetná osa symetrie 3 nebo  $C_3$



Rotační čtyřčetná osa symetrie 4 nebo  $C_4$



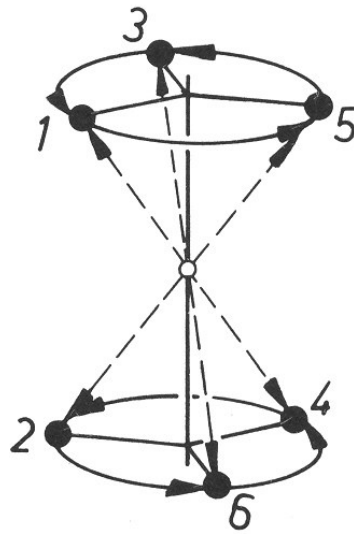
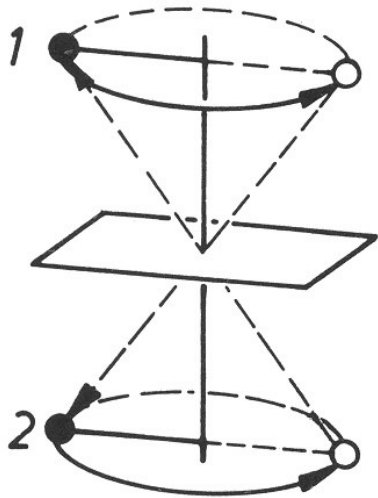
Rotační šestičetná osa symetrie 6 nebo  $C_6$



# Složené operace symetrie – inverzní osa rotace

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

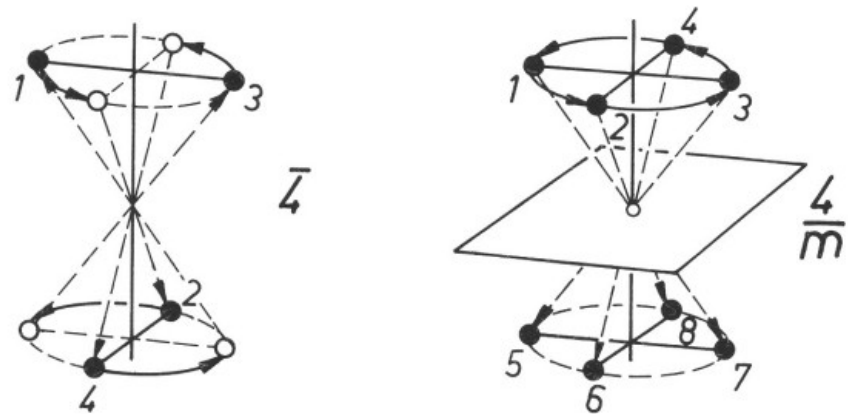
Na vzor (atom, iont) aplikujeme jednotlivé operace „na střídačku“. Viz číslované body na obrázku. Na pořadí operací nezáleží, musí se však provádět jako celek.



**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:

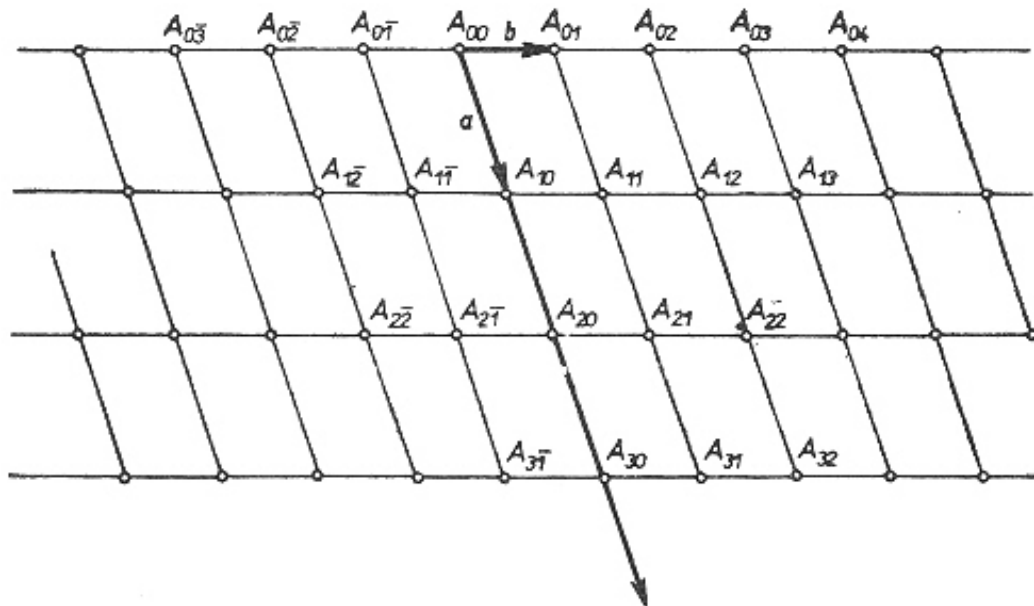
- 1 = i
- 2 = m
- 3 = 3 + i
- 4 = nelze nahradit
- 6 = 3  $\perp$  m



# 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

---

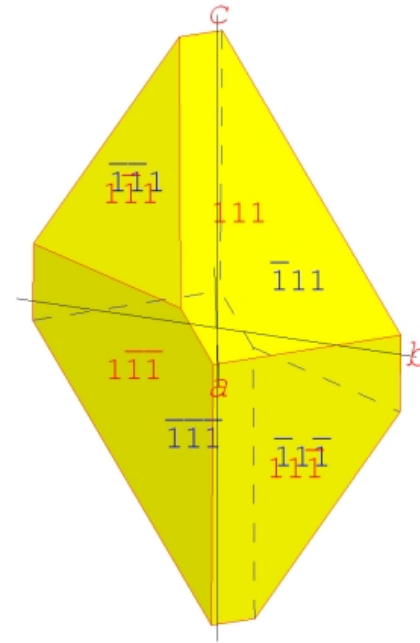
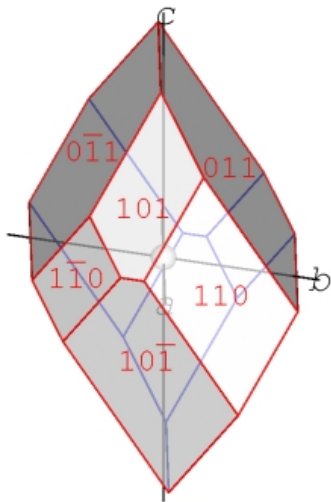
Pro symetrii krystalů (těles minerálů), které můžeme běžně pozorovat, platí stejné prvky a operace symetrie, kromě translace. Tu najdeme pouze na atomární úrovni krystalových mřížek.

Zkuste najít prvky symetrie na běžných věcech kolem nás.

# Střed symetrie

Jak poznáte na krystalu, že má střed symetrie?

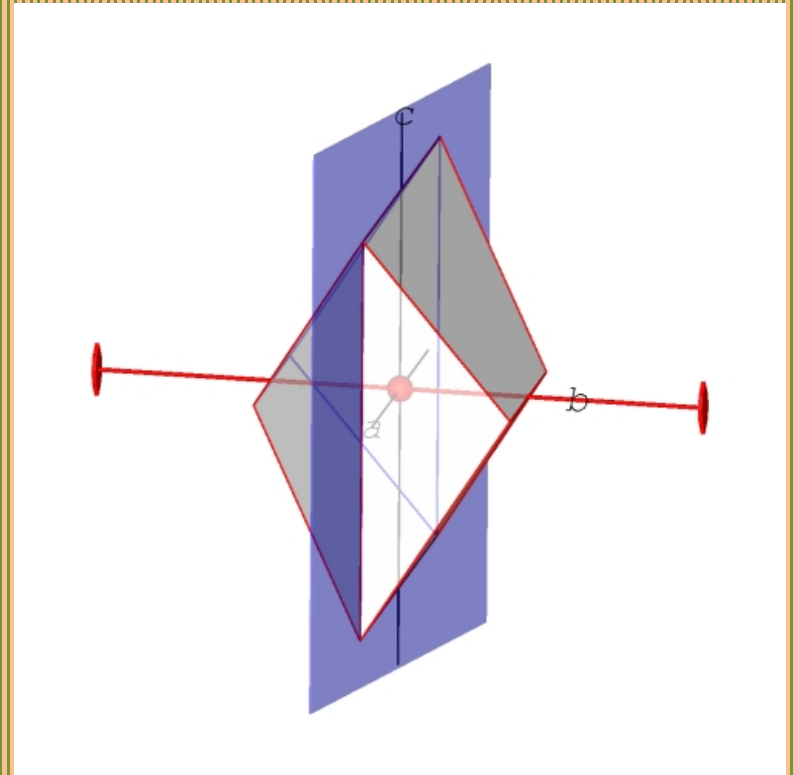
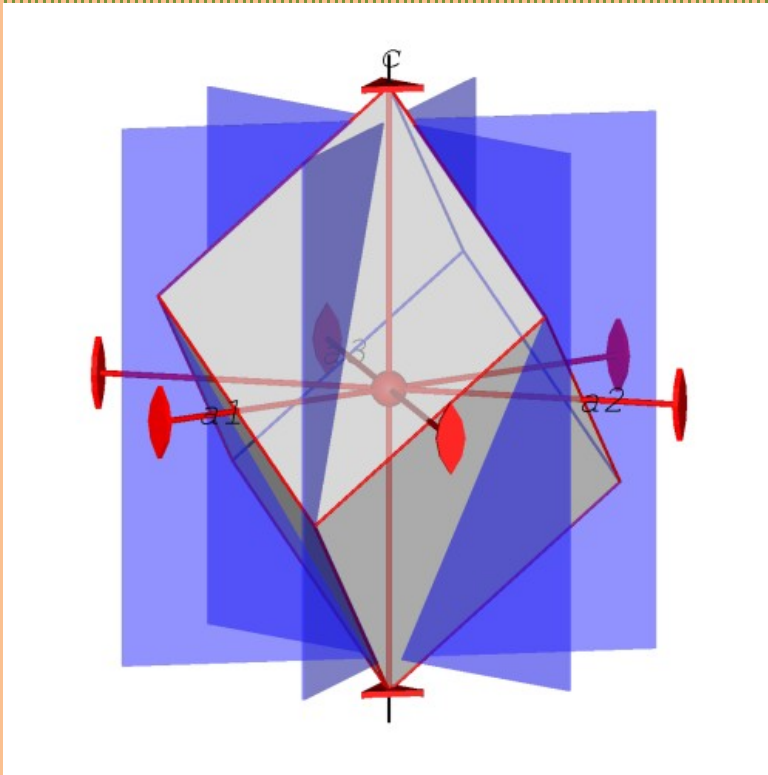
Každá plocha krystalu má na opačném konci protiplochu stejného tvaru a velikosti, pouze otočenou o  $180^\circ$ . Vznikla zrcadlením přes střed symetrie umístěném v pomyslném těžišti krystalu.



# Rovina symetrie

Jak poznáte na krystalu přítomnost roviny symetrie?

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



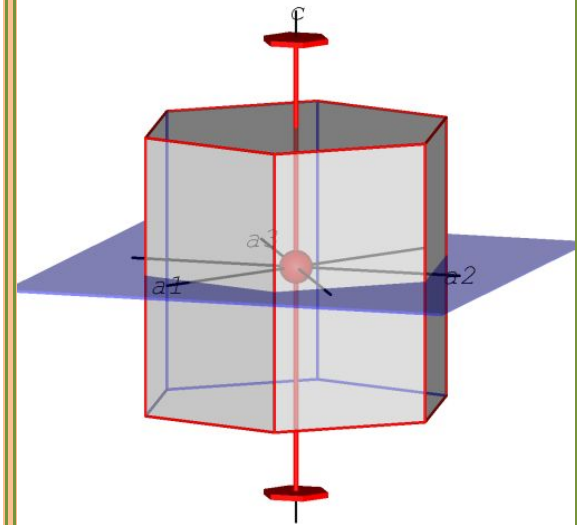
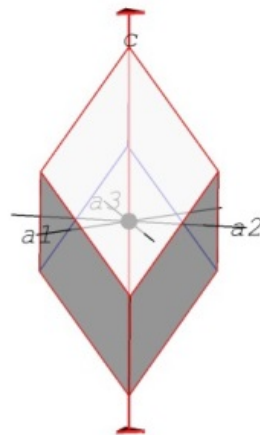
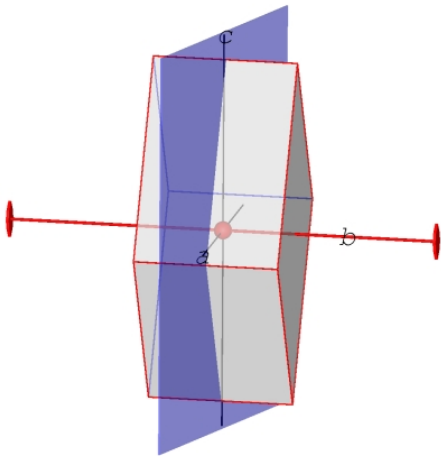
# Osa symetrie

Jak poznáte na krystalu osu symetrie?

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

- dvojitá osa se vždy po  $180^\circ$  dostane do identických (nerozlišitelných) poloh
- trojitá osa se vždy po  $120^\circ$  dostane do identických (nerozlišitelných) poloh
- čtyřčetná osa se vždy po  $90^\circ$  dostane do identických (nerozlišitelných) poloh
- šestičetná osa se vždy po  $60^\circ$  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.**