

Přednáška č. 4

Reálné krystaly – přirozený vývin krystalových tvarů (habitus minerálů, zákonité a nahodilé krystalové srůsty).

- Optická krystalografie – nejdůležitější optické vlastnosti minerálů a metody jejich určování v procházejícím světle. Polarizační mikroskop.

Přirozený vývin krystalových tvarů

Jedním z nejnápadnějších znaků krystalů je jejich krystalový tvar. Všude tam, kde krystaly mohou volně růst a volně se vyvíjet do dokonalého tvaru (automorfně), tvoří pravidelná tělesa s jasně patrnou symetrií. Z hlediska morfologického omezení jsou krystaly různých látek velmi rozmanité. Tvar krystalu je jedním z projevů anizotropie. Anizotropní krystal je v jednotlivých směrech různě vyvinut. Tvar krystalu nezávisí na velikosti jednotlivých ploch krystalu a na jejich vzájemném poměru. Celkový vzhled krystalu (čili habitus) popisuje velikostní poměry ploch. Některé krystaly jsou protáhlé (jednorozměrné), jiné jsou plošně protáhlé (dvojrozměrné), nebo izometrické (stejnorozměrné). Celkový vzhled krystalů charakterizuje habitus a typus.

Habitus – reprezentuje celkový vzhled krystalů bez ohledu na to, který krystalový tvar jej podmiňuje. Habitus určuje počet směrů, ve kterých je krystal vyvinut, a tím i podobu krystalů. Rozlišujeme habitus:

Izometrický (stejnorozměrný)

Dvojrozměrný (destičkovitý, tabulkovitý, lupínkovitý, šupinkovitý, lístkovitý atd.)

Jednorozměrný (jehličkovitý, sloupcovitý, vřetenovitý, vláknitý atd.).

Přirozený vývin krystalových tvarů



Přirozený vývin krystalových tvarů



Přirozený vývin krystalových tvarů



Přirozený vývin krystalových tvarů

Krystalový tvar

Tvar krystalů vznikajících v přírodě závisí nejen na vnitřní struktuře, ale také na fyzikálně-chemických podmínkách prostředí, kde krystaly vznikají. Odrazem těchto vztahů je pak různý vývin krystalových tvarů:

Monokrystaly

Zákonité srůsty

Krystalové agregáty

Pseudomorfózy

Přirozený vývin krystalových tvarů

Monokrystal

Krystalový jedinec s jednotnou vnitřní stavbou a jakýmkoliv omezením = monokrystal.



Přirozený vývin krystalových tvarů

Zákonité krystalové srůsty

Krystaly téhož nerostu bývají často společně srostlé. Srůsty mohou být náhodné a bez jakékoliv pravidelnosti vzájemných poloh (krystalické agregáty). Zákonité srůsty jsou projevem krystalové symetrie, mohou se vyskytovat ve všech sedmi krystalových soustavách. Za srůsty zákonité = dvojčatné považujeme opakovaně se vyskytující srůsty krystalů téže látky, které jsou navzájem spojeny společným prvkem souměrnosti. Krystaly dvojčatně srostlé mají společnou buď jednu rovinu nebo osu. Oba jedinci rovnoměrně vyvinutého dvojčete mají stejnou velikost a stejné krystalové tvary. Dva nebo více krystalových jedinců může zákonitě srůst a vytvářet tzv. „dvojčata“, „trojčata“ apod.

Přirozený vývin krystalových tvarů

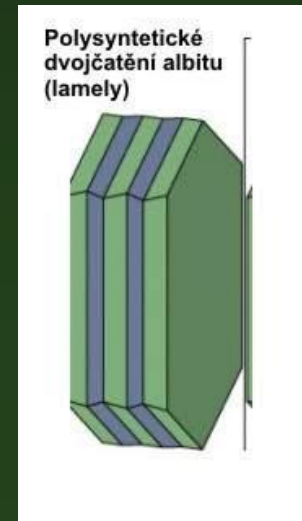
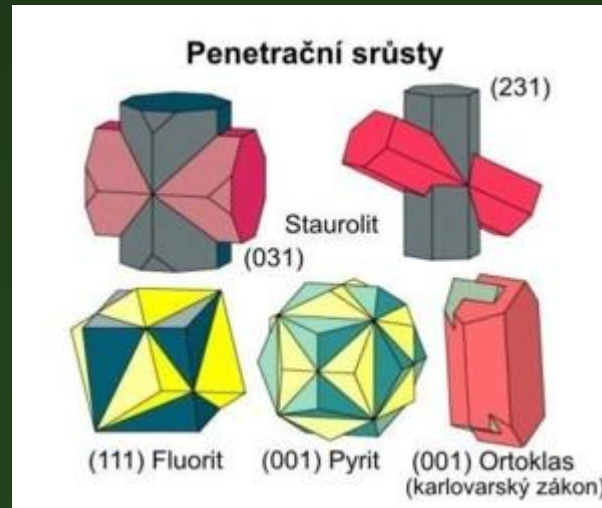
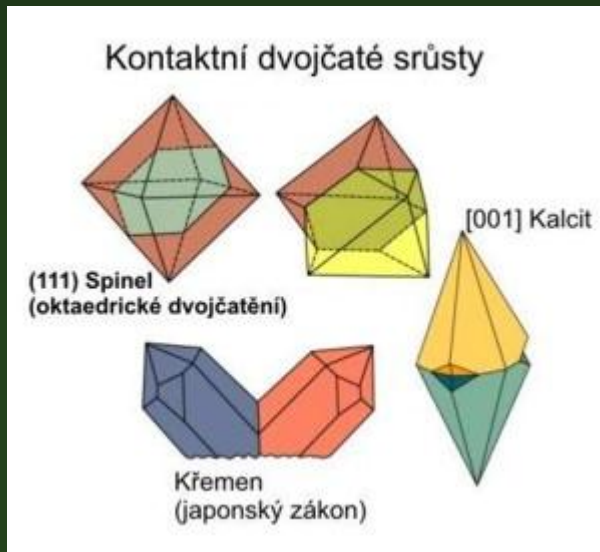
Zákonité krystalové srůsty

Z hlediska vzájemné pozice srůstajících krystalových jedinců rozeznáváme zákonité srůsty:

kontaktní - dvojčata, která srůstají ve dvojčatné rovině (sádrovec), jedinci srůstají plochou

penetrační - krystaly vzájemně prorůstají, hraničí v nerovných plochách (ortoklas)

polysyntetická - srostlice jsou vytvořeny větším počtem krystalových jedinců



Přirozený vývin krystalových tvarů

Zákonité krystalové srůsty

U penetračních srůstů (prorůstání) oba jedinci hraničí jeden oproti druhému nerovnými plochami, jako příklad lze uvést dvojčatný srůst K-živce podle karlovarského zákona. Dvojčatně mohou srůstat buď jen dva, nebo i větší počet jedinců, to je příklad polysyntetického srůstání (albit), kdy srůstající jedinci jsou vyvinuti v podobě velmi tenkých až mikroskopických lamel a je jich vždy větší počet - krystalová individua jsou spolu ob jedno rovnoběžná.



Penetrační srůst ortoklasu podle karlovarského zákona

Přirozený vývin krystalových tvarů

Krystalové agregáty

Krystaly mohou rozvíjet svou vlastní idiomorfni (automorfni) podobu jen v případech, kdy jim v růstu nic nebrání. Nejčastěji k tomu dochází v dutinách a puklinách hornin. Pokud si však krystaly v růstu navzájem brání vznikají agregáty. Nejrozšířenější formou srůstání krystalů jsou agregátní srůsty krystalů, u nichž krystaly srůstají zcela náhodně bez zákonité orientace. Jestliže větší počet krystalů narůstá vedle sebe jedním koncem na podložku (např. stěny tektonických puklin) a na druhém konci jsou krystaly ukončeny krystalovými plochami hovoříme o drůze.



Krystalový agregát - kalcit

Přirozený vývin krystalových tvarů

Krystalové agregáty

Má-li podložka tvar kulovité dutiny, mluvíme o geodě.



Roste-li velké množství krystalových zárodků blízko sebe, vznikají krystalové agregáty, které pak specifikujeme podle velikostí, tvaru krystalů a jejich vlastností.

Přirozený vývin krystalových tvarů

Krystalové agregáty

Rozlišujeme agregáty:

Zrnité - podle velikosti zrn je dále dělíme na: hrubozrnné, středně zrnité, jemnozrnné, mikrokystalické.

Zemité - jsou tvořeny krystaly bez lesku, agregát má malou soudržnost. Zemité agregáty vytváří jíly, limonit, práškové sekundární minerály (malachit, azurit).

Stébelnatý - (vláknitý) agregát. Je tvořen krystaly stébelnatého až vláknitého habitu. Radiálně paprscité agregáty mohou vznikat jako ploché (na puklinách) nebo sférické agregáty ve volných prostorách (například v dutinách).

Přirozený vývin krystalových tvarů

Pseudomorfozy

Pseudomorfozami nazýváme takové krystalové tvary, u nichž neodpovídá vnitřní stavba vnějšímu tvaru, ať již z hlediska chemického složení, kdy např. vnější tvar odpovídá pyritu (kubická soustava), hmota krystalů je však limonit nebo z hlediska krystalové symetrie, kdy chemické složení zůstalo stejné a nastala pouze strukturní přeměna, jejímž výsledkem je jiná krystalová modifikace. V tomto případě hovoříme o paramorfóze. Ve všech podobných případech je krystalový tvar starší a odpovídá původnímu minerálu, který byl zastoupen minerálem novým, mladším. Ten zpravidla vyplňuje jen prostor původního minerálu, a tím přebírá jeho krystalový tvar.

Přirozený vývin krystalových tvarů

Pseudomorfózy

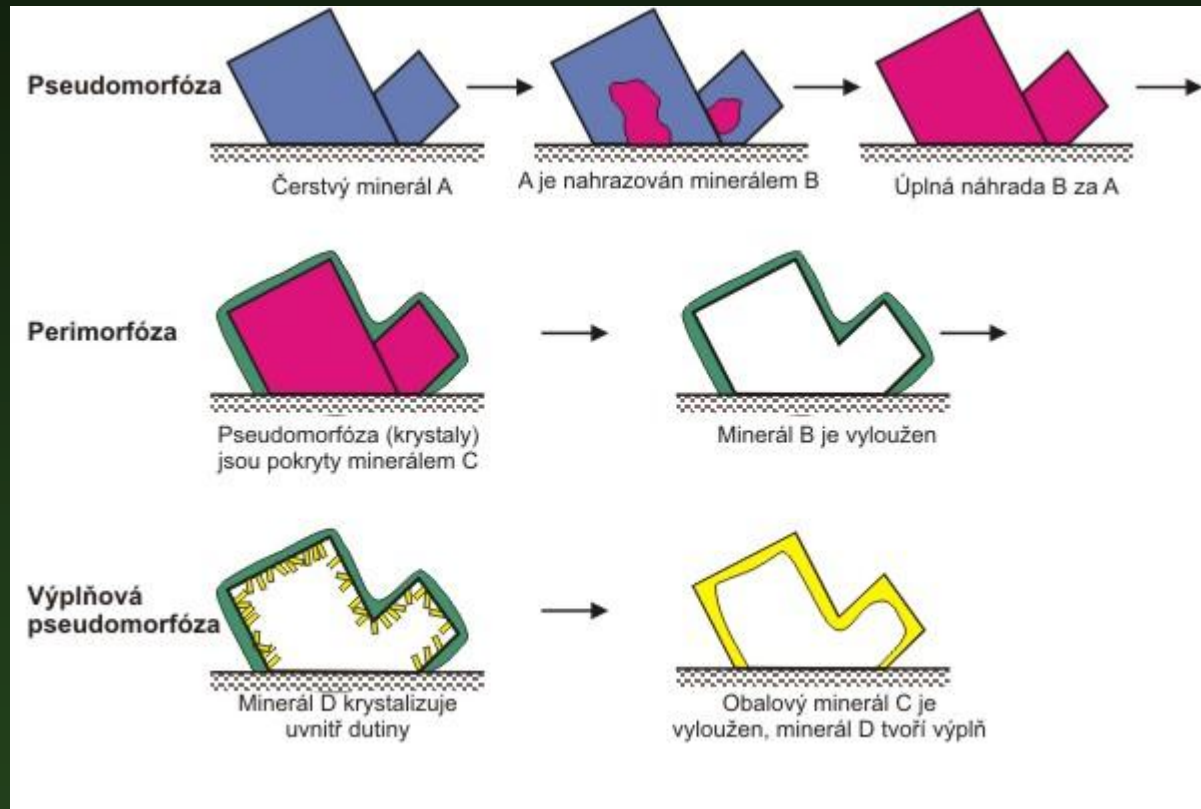


Schéma vzniku různých druhů pseudomorfóz

Vývoj se může v kterémkoliv okamžiku vývoje zastavit.

Častá je i možnost pokrytí původního minerálu A vrstvou minerálu C bez vyluhování (perimorfózy s obsahem primárního minerálu v centru)

Optická krystalografie

Optická krystalografie studuje vlastnosti krystalů ve viditelné oblasti světla (400 – 800 nm) a pro jejich vysvětlení vychází z elektromagnetické vlnové teorie světla. V procházejícím světle lze studovat minerály, které jsou alespoň ve velmi tenkých řezech (řádově 0,0X mm), tzv. výbrusech (standardní tloušťka výbrusu je 0.03 mm) nebo jemném prášku (práškové preparáty) průhledné, přičemž větší úlomky téhož minerálu mohou být neprůhledné (např. pyroxeny). Studium v odraženém světle v tzv. nábrusech je praktikováno u minerálů opakních, neprůhledných v tenkých řetězech (např. galenit, pyrit). Převážná část minerálů v zemské kůře patří do první skupiny, a proto jsou optické vlastnosti minerálů v procházejícím světle nejdůležitějšími v mineralogické a petrografické diagnostické praxi.

Optická krystalografie

Příprava preparátů pro pozorování

Výbrusy jsou připravovány uřezáním destičky o tloušťce několika mm diamantovou pilou. Destička je nalepena na podložní sklíčko a zbrušena na požadovanou tloušťku (0.03 mm). Tento tenký řez je překryt tenkým krycím sklíčkem. Pro lepení se používá přírodní pryskyřice - kanadský balzám nebo syntetické látky podobných vlastností. Kombinovaná řezačka (levá část) a bruska (pravá část) Discoplan firmy Struers pro přípravu výbrusů je na obrázku.



Optická krystalografie

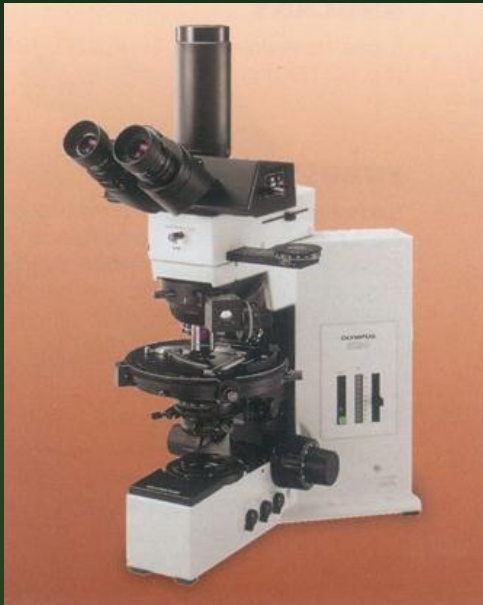
Příklady výbrusů



Optická krystalografie

Polarizační mikroskop

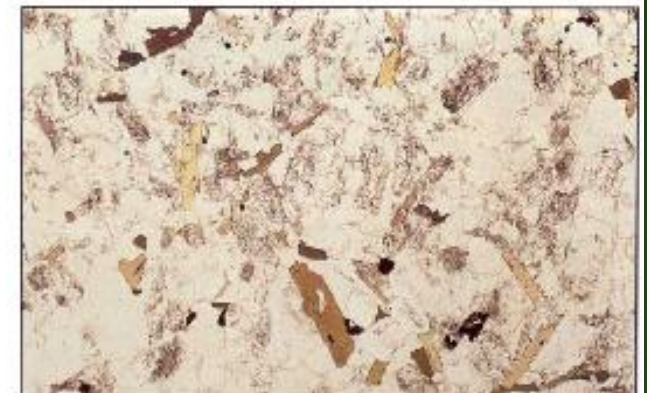
Převážná část optických vlastností minerálů, které charakterizují minerál a slouží k jeho určení, je studována polarizačním mikroskopem. Ten se odlišuje od biologického mikroskopu zařízenými pro polarizaci světla. Těmi rozumíme součástky, které jsou schopny vytvářet z obyčejného světla světlo polarizované.



Optická krystalografie

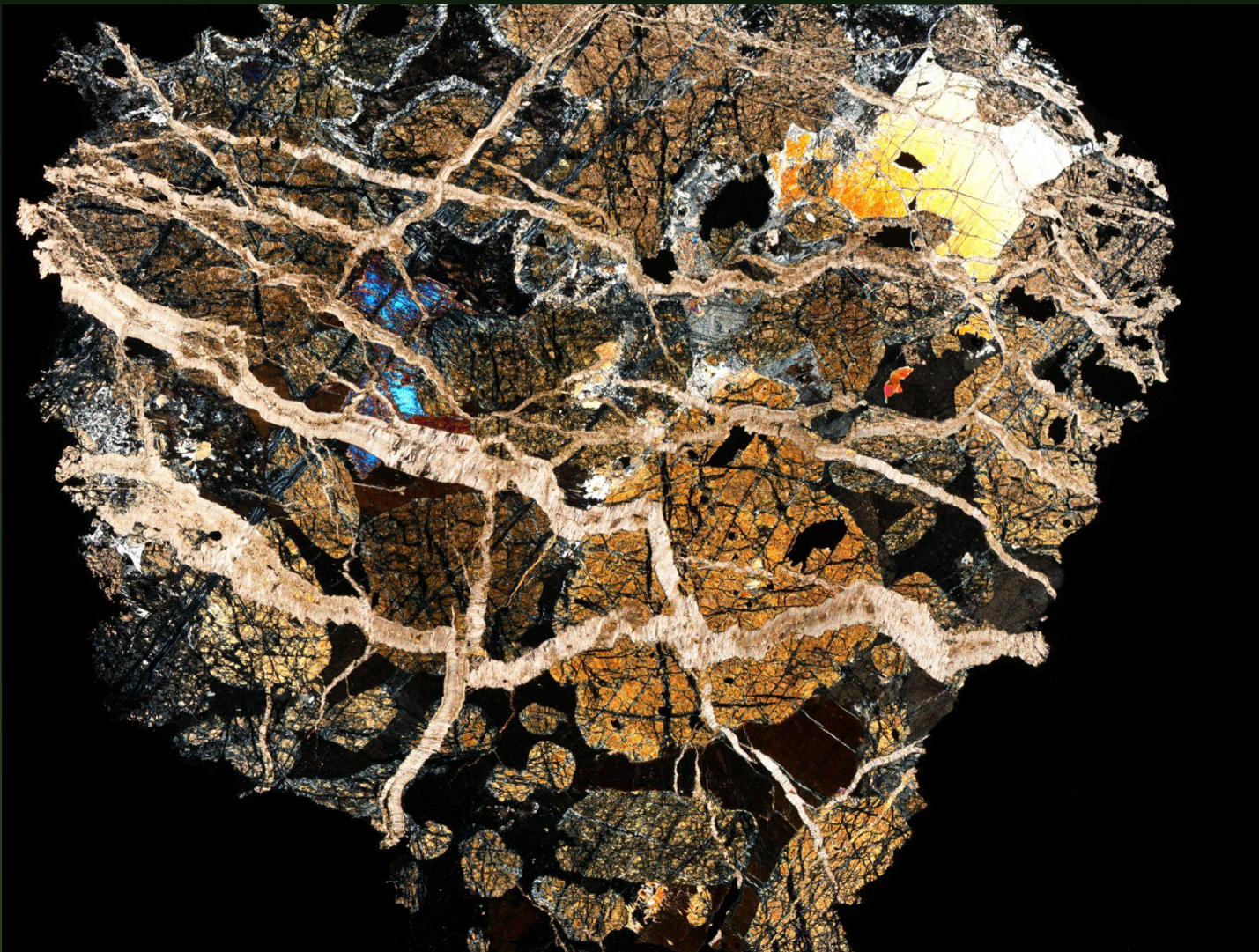


Vzorek žuly pozorovaný při zkřížených nikolech

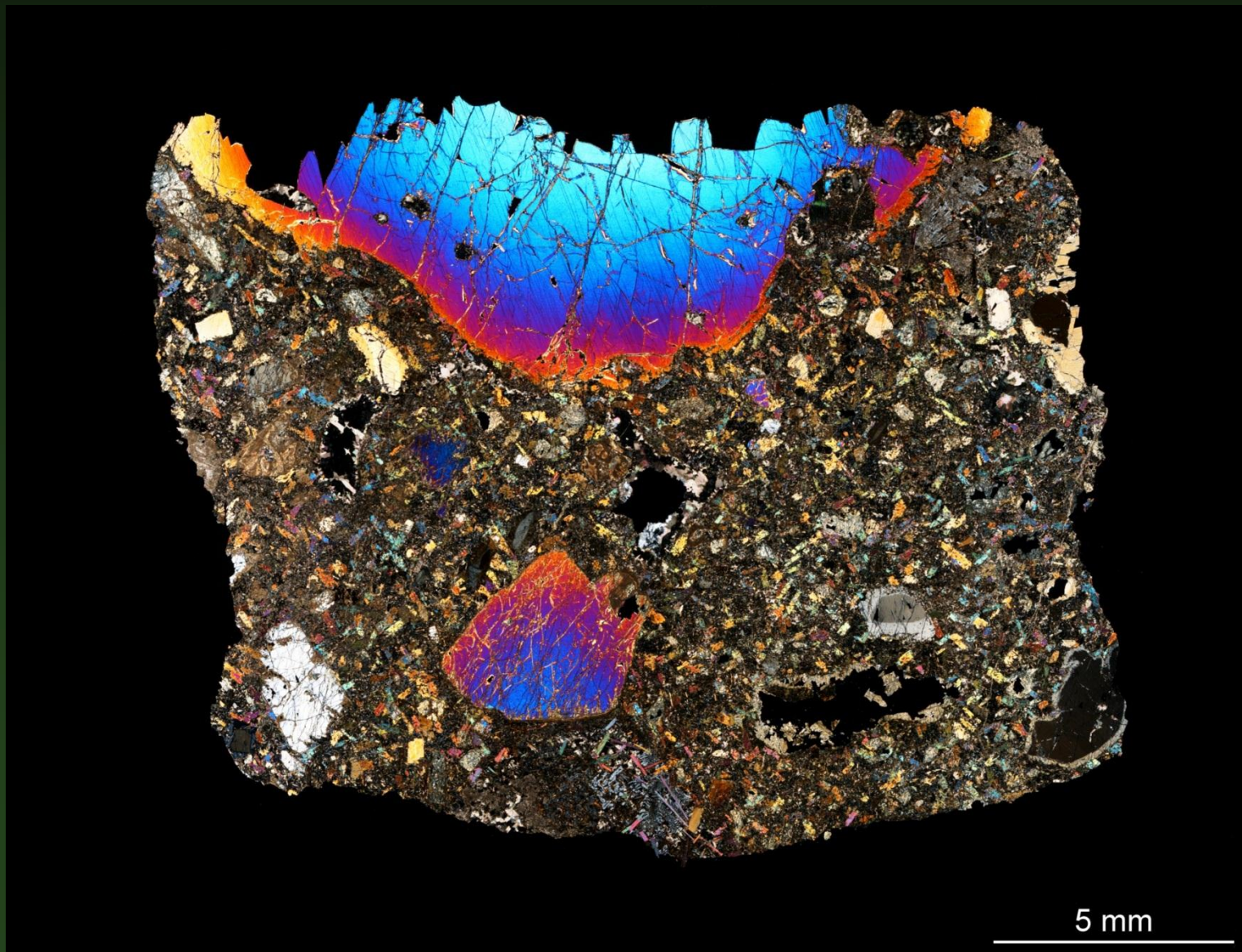


Vzorek žuly pozorovaný při rovnoběžných nikolech

Optická krystalografie



Optická krystalografie



Optická krystalografie

Optická krystalografie studuje vlastnosti krystalů ve viditelné oblasti světla (400 – 800 nm) a pro jejich vysvětlení vychází z elektromagnetické vlnové teorie světla. V procházejícím světle lze studovat minerály, které jsou alespoň ve velmi tenkých řezech (řádově 0,0X mm), tzv. výbrusech nebo jemném prášku (práškové preparáty) průhledné, přičemž větší úlomky téhož minerálu mohou být neprůhledné (např. pyroxeny). Studium v odraženém světle v tzv. nábrusech je praktikováno u minerálů opakních, neprůhledných v tenkých řetězech (např. galenit, pyrit).

Lom a dvojlom světla

Po dopadu světelného paprsku ze vzduchu na minerál mohou v obecném případě nastat dva jevy:

- ⇒ **Lom světla** je charakteristický pro látky **opticky izotropní** (krychlové a amorfní)
- ⇒ **Dvojlom světla** - látky **opticky anizotropní** (kromě soustavy krychlové).

Úhel dopadu a lomu světelného paprsku měříme ke kolmici dopadu. Při přechodu světla z prostředí opticky řidšího (vzduchu) do opticky hustšího (minerál) nastává lom ke kolmici, při obráceném chodu světla lom od kolmice.

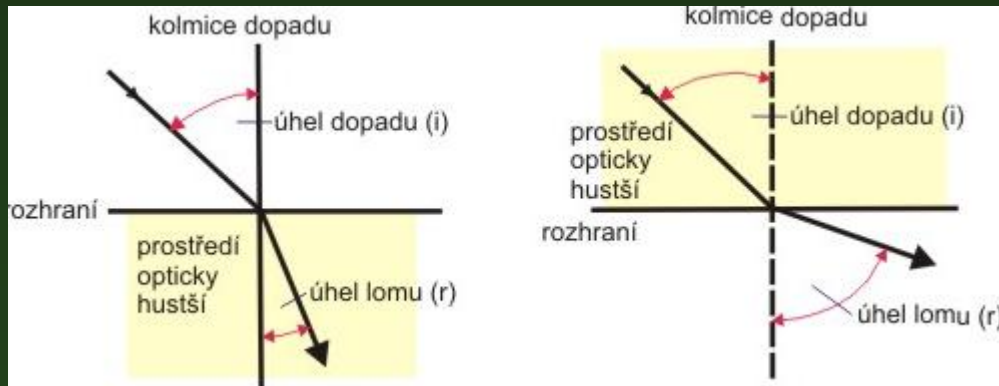
Optická krystalografie

Index lomu

Lom i dvojlom světla lze charakterizovat tzv. **indexy lomu**, které jsou významnými optickými parametry každého minerálu. Indexem lomu (n) rozumíme poměr rychlostí paprsku ve vzduchu a v minerálu, který se

$$n = v_1 / v_2 = \sin \alpha / \sin \beta$$

rovná poměru sinů úhlu dopadu a lomu. Rychlost a směr paprsků se rozumí ve směru vlnové normály, rychlost světla ve vzduchu je jen nepatrně menší než rychlost světla ve vakuu.



Optická krystalografie

Index lomu

Pro měření indexů lomu se nejčastěji používá metoda imerzní. **Imerzní metoda** je založena na ztotožnění indexu lomu minerálu s indexem lomu imerzní kapaliny. Při mikroskopickém pozorování minerálu v kapce imerzního oleje pozorujeme při **malém rozostření zdvihnutím mikroskopického tubu** při okraji minerálu světelný proužek, který se nazývá **Beckeho linka**. **Beckeho linka při rozostření zvednutím tubu vstupuje do prostředí opticky hustšího, tzn. do prostředí o vyšším indexu lomu.**

Rozdělení látek podle optických vlastností

Podle lomu a dvojlomu světla dělíme látky na opticky izotropní a anizotropní.

U anizotropních minerálů však dvojlom nenastává ve všech případech. I v nich existují směry, ve kterých dochází **pouze k lomu** světelných paprsků jako je tomu u minerálů izotropních. U části anizotropních minerálů je takový směr jeden, u ostatních dva. Běžně se označují jako **optické osy** (směry izotropie). Jednu optickou osu mají minerály ze soustavy tetragonální, trigonální a hexagonální. Optická osa u nich souhlasí se směrem krystalografické osy c . Protože mají jednu optickou osu, označujeme je jako **minerály jednoosé**. Ostatní anizotropní minerály, tj. ze soustavy rombické, jednoklonné a trojklonné mají **dvě optické osy** a proto je označujeme jako **minerály dvojosé**.

Optické vlastnosti minerálů jednoosých - jednoosé minerály byly charakterizovány tak, že v nich existuje jeden směr (optická osa), ve kterém nedochází k dvojlomu, ale pouze k lomu, tento je souhlasný se směrem krystalografické o osy c .

Ve směrech odchýlených od optické osy dochází k dvojlomu. Vznikají dva k sobě kolmo polarizované paprsky, šířící se krystalem různou rychlostí. Největší rozdíl v rychlostech obou paprsků je tehdy, když původní paprsek vstupuje do krystalu ve směru kolmém k optické ose.

Paprsek, který se šíří krystalem ve všech směrech konstantní rychlostí nazýváme jako paprsek řádný (ordinární – o), paprsek u něhož rychlost šíření závisí na směru je pak nazýván jako paprsek mimořádný (extraordinární – e).

Podle toho dělíme jednoosé minerály na opticky negativní a opticky pozitivní, přičemž platí:

je-li	$e > o$	minerály opticky negativní	-
	$e < o$	minerály opticky pozitivní	+

Klasifikace minerálů

Principy členění minerálů podle Strunzova krystalochemického systému.

- Minerály rozděleny do deseti tříd podle příbuznosti aniontů nebo aniontových skupin.
- Minerály se stejnou aniontovou skupinou mají podobné vlastnosti a vyskytují se ve stejných nebo podobných paragenezích.
- Třídy se dělí na oddělení podle poměru hlavních prvků, přítomnosti cizích aniontů nebo podle krystalové struktury.
- Oddělení mohou být rozdělena na minerální řady nebo skupiny minerálů podle podobného složení.
- Nejnižším stupněm dělení je minerální druh.

Klasifikace minerálů

Nejpoužívanější klasifikace minerálů zahrnuje tyto třídy (zjednodušený přehled):

1. Třída prvků
2. Třída sulfidů
3. Třída halogenidů
4. Třída oxidů a hydroxidů
5. Třída karbonátů
6. Třída borátů
7. Třída sulfátů
8. Třída fosfátů
9. Třída silikátů
10. Třída organických minerálů

Klasifikace minerálů

9. Třída silikátů – obsahuje nejvíce minerálních druhů, silikáty tvoří větší část zemské kůry, jednotlivá oddělení se vyčleňují na základě struktury.
 - a) oddělení nesosilikátů
 - b) oddělení sorosilikátů
 - c) oddělení cyklosilikátů
 - d) oddělení inosilikátů
 - e) oddělení fylosilikátů
 - f) oddělení tektosilikátů

Děkuji za pozornost.