

KATEDRA GEOLOGIE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
UNIVERZITA PALACKÉHO

DETERMINAČNÍ VLASTNOSTI MINERÁLŮ

ZDENĚK DOLNÍČEK

JIŘÍ ZIMÁK

Olomouc 2009

zlato?

žemčušnikovit?

olivín?

magnezit?

baryt?

diamant?



Obsah

Obsah	3
1. Úvod.....	5
2. Diagnostické znaky založené na fyzikálních vlastnostech minerálů.....	6
2.1. Morfologie minerálů a jejich agregátů	6
2.1.1. Habitus a typus krystalu	6
2.1.2. Nerovnoměrný růst reálných krystalů, morfologie reálných krystalů	7
2.1.3. Zákonité krystalové srůsty	12
2.1.4. Epitaxe	16
2.1.5. Makroskopicky pozorovatelné defekty růstu krystalu.....	17
2.1.6. Lepty na krystalových plochách.....	21
2.1.7. Pseudomorfózy.....	22
2.1.8. Krystalické agregáty.....	25
2.2. Optické vlastnosti minerálů.....	35
2.2.1. Prostupnost světla.....	35
2.2.2. Barva a vryp	36
2.2.3. Lesk.....	39
2.3. Štěpnost a lom.....	40
2.4. Tenacita (tuhost, kvalita soudržnosti)	41
2.5. Tvrdost	41
2.6. Hustota	42
2.7. Magnetismus	44
2.8. Piezoelektrina a pyroelektrina	44
2.9. Luminiscence	44
2.10. Tavitelnost.....	46
3. Diagnostické znaky založené na chemickém složení minerálů.....	47
3.1. Výběr a příprava materiálu k chemickým zkouškám	48
3.2. Žihání minerálu ve zkumavce	48
3.3. Žihání minerálu v plameni	48
3.4. Barvení nesvítivého plamene	49
3.5. Důkaz kovů perličkami	50
3.6. Rozpustnost minerálů ve vodě	52
3.7. Rozložitelnost minerálů v kyselinách	52
3.8. Rozklad minerálů tavením se sodou.....	53
3.9. Rozlišovací zkoušky.....	53
4. Determinační znaky vybraných minerálů.....	55
4.1. Prvky	55
Síra	55
Grafit (tuha)	56
4.2. Sulfidy.....	56
Sfalerit.....	56
Galenit.....	57
Cinabarit (rumělka).....	58
Chalkopyrit	59
Pyrhotin.....	59
Pyrit.....	60
Markazit	61
Molybdenit.....	62
Antimonit	62
4.3. Halogenidy	63
Fluorit.....	63
Halit.....	64
4.4. Oxidy a hydroxidy	65
Magnetit	65

Hematit.....	65
„Limonit“	66
Křemen.....	67
Opál.....	68
Kasiterit (cínovec).....	69
Wolframit.....	70
4.5. Karbonáty.....	70
Kalcit.....	70
Siderit.....	71
Magnezit.....	72
Dolomit.....	73
Aragonit.....	73
Malachit.....	75
Azurit.....	75
4.6. Sulfáty.....	76
Baryt.....	76
Sádrovec.....	77
4.7. Fosfáty.....	78
Apatit.....	78
4.8. Silikáty.....	79
Olivín.....	79
Granáty.....	79
Turmalíny.....	80
Pyroxeny.....	81
Amfiboly.....	82
Mastek.....	84
Slidy.....	84
Chlority.....	85
Jílové minerály.....	86
Živce.....	86
Použitá a doporučená literatura.....	90

1. Úvod

Studium učitelství geologie je tradičně zaměřeno zejména na zvládnutí základů různých geologických disciplín. Klasické poznatky jsou ve studijním plánu samozřejmě doplněny i o moderní sofistikované metodiky soudobého geologického výzkumu. Vcelku jde však o převahu "ryzí teorie" nad praxí. Jinými slovy, podle dosavadních zkušeností studentům mnohdy chybí praktické znalosti a dovednosti. Znalost určitých praktických postupů je přitom žádoucí pro jejich budoucí profesi, kdy budou často postaveni před problém determinace neznámé přírodního, přinesené jejich žákem.

Moderní vědecké způsoby determinace minerálů, založené zejména na aplikaci nákladných přístrojových metod, nepřipadají v prostředí základních nebo středních škol většinou v úvahu. Učitel na těchto typech škol zpravidla musí vystačit s jednoduchými pomůckami, které jsou součástí výbavy fyzikálního a/nebo chemického kabinetu.

Předložený učební materiál představuje studijní podporu pro nově zaváděný předmět „Určovací praktikum z mineralogie“, určený hlavně budoucím učitelům geologie. Je zaměřen na rozbor základních determinacních vlastností minerálů. Je rozvržen do třech nestejně obsáhlých částí. V první části text obecně charakterizuje základní fyzikální determinacní vlastnosti typu tvaru krystalů, tvaru agregátů, barvy, barvy vrypu, lesku, štěpnosti/lomu, tvrdosti, hustoty, magnetičnosti, aj. vlastností. Ve druhé části jsou obecně charakterizovány základy chemické diagnostiky s využitím pokud možno co nejjednodušších pomůcek: rozpustnost ve vodě, rozložitelnost v kyselinách, barvení plamene, perličkové zkoušky, rozlišovací zkoušky, aj. Ve třetí, specializované části, je z pohledu výše jmenovaných fyzikálních a chemických vlastností charakterizován výběr cca 40 základních minerálů, důležitých hospodářsky či petrologicky. Praktická znalost těchto minerálů je vyžadována ve cvičeních ze základního kurzu mineralogie, tj. daný učební materiál je možno zčásti využít i pro základní výuku.

Tento učební materiál je výstupem projektu FRVŠ reg. č. 189/2008 „Určovací praktikum z mineralogie“, jemuž patří dík za finanční podporu. V elektronické podobě je dostupný všem zájemcům na webových stránkách Katedry geologie PřF UP v Olomouci (<http://www.geology.upol.cz>).

2. Diagnostické znaky založené na fyzikálních vlastnostech minerálů

Fyzikální vlastnosti minerálů jsou odrazem jejich struktury a chemického složení. Fyzikální vlastnosti zpravidla dělíme na skalární, tj. na směru nezávislé (např. hustota) a vektorové, tj. na směru závislé (např. světelná, elektrická a tepelná vodivost, tvrdost). Vzhledem k zaměření tohoto učebního textu je v této kapitole věnována pozornost hlavně nejzákladnějším fyzikálním vlastnostem, které mohou být pozorovány zrakem bez použití mikroskopu (morfologie krystalů, tvar agregátů, některé optické vlastnosti, štěpnost, lom) nebo mohou být relativně jednoduchým způsobem zjišťovány či měřeny (např. tenacita, tvrdost, hustota, luminiscence a tavitelnost). Velmi stručně jsou charakterizovány magnetické vlastnosti minerálů, a také piezoelektrický a pyroelektrický jev.

2.1. Morfologie minerálů a jejich agregátů

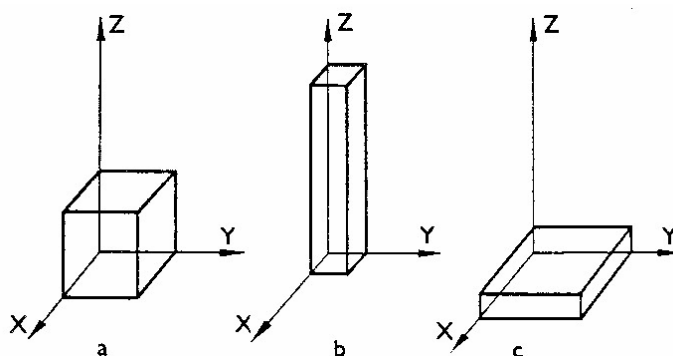
Naprostá většina minerálů patří mezi krystalické látky (výjimkou je např. opál a rtuť). Krystalová individua však nemusí být omezena krystalovými plochami. Spíše ojediněle se v přírodě setkáváme v relativně velkými krystaly, na nichž lze již makroskopicky dobře pozorovat jednotlivé plochy (jen výjimečně se však tyto krystaly svou morfologií podobají modelům známým z výuky morfologické krystalografie). Vlastními krystalovými plochami omezená individua mohou vznikat jen tam, kde mají k svému růstu dostatek volného prostoru. V omezeném prostoru však obvykle vzniká velké množství krystalů současně, takže si při svém růstu navzájem překáží. Za těchto podmínek vytvořená individua jsou krystalovými plochami omezena jen nedokonale nebo se na nich krystalové plochy vůbec nevyskytují. Seskupení takových individuí se označuje jako krystalický agregát. Krystalické agregáty představují nejčastější formu výskytu minerálů v přírodě.

2.1.1. Habitus a typus krystalu

Z přehledu krystalových soustav, jejich jednoduchých krystalových tvarů a spojek je zřejmé, že krystaly mohou mít rozmanitou morfologii. Morfologii krystalu lze velmi jednoduše charakterizovat jeho habitem a typem.

Habitus vyjadřuje celkový vývin krystalu (udává podobu krystalu) bez ohledu na to, do které soustavy daný krystal náleží a které krystalové tvary jsou na krystalu přítomny. Habitus v podstatě udává počet směrů, v nichž je krystal výrazněji vyvinut. Lze rozlišit stejnorozměrný (izometrický) habitus (obr. 2.1a), jednorozměrný (např. sloupcovitý, jehlicovitý) habitus (obr. 2.1b) nebo dvojrozměrný (např. deskovitý, tabulkovitý, šupinkovitý) habitus (obr. 2.1c).

Typus je určen jednoduchým krystalovým tvarem, jehož plochy na popisovaném krystalu dominují. Například na krystalech prizmatického typu převládají plochy prizmatu (lhostejno jakého), na krystalech dipyramidálního typu převládají plochy dipyramid, na krystalech oktaedrického typu jsou nejvíce vyvinuty plochy oktaedru.

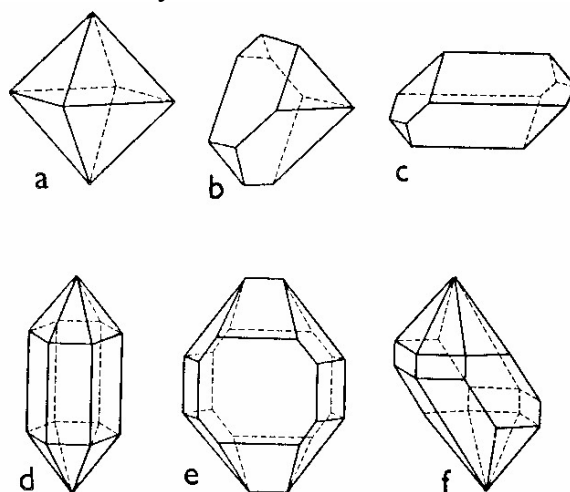


Obr. 2.1. Habitus krystalu: izometrický (a), sloupcovitý (b) a tabulkovitý (c).

Habitus a typus krystalu závisí na jeho struktuře a na podmínkách jeho vzniku. Habitus a typus krystalů některých minerálů je tak silně závislý na podmínkách krystalizace, že z habitu a typu krystalu lze např. určit přibližnou teplotu jeho vzniku.

2.1.2. Nerovnoměrný růst reálných krystalů, morfologie reálných krystalů

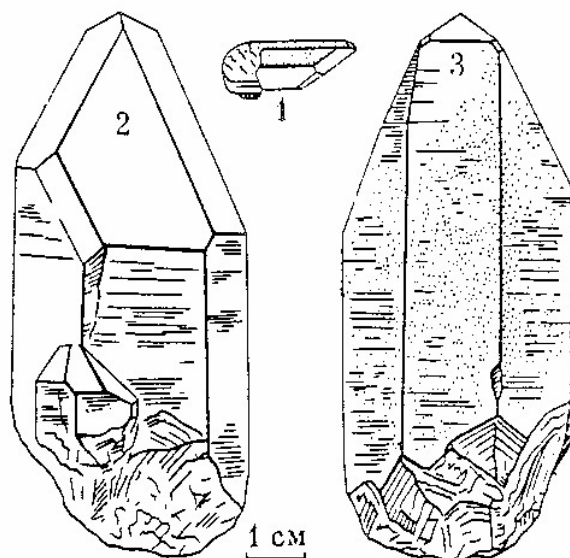
Reálné krystaly jsou prakticky vždy vyvinuty nedokonale. To platí jak o jejich krystalové struktuře, tak o jejich vnějším tvaru. Nedokonalost se projevuje například tím, že stejnocenné plochy, které by na ideálně vyvinutých krystalech měly stejnou velikost a morfologii, se na reálných krystalech liší svými rozměry a někdy i geometrií. Jak se projevuje nestejný vývin ploch na krystalech magnetitu a křemene je ukázáno na obr. 2.2. Z tohoto obrázku je mj. zřejmé, že různoměrný vývin ploch snižuje morfologickou souměrnost krystalu: Ideálně vyvinutý krystal magnetitu na obr. 2.2a má tvar oktaedru a tedy nejvyšší možnou symetrii, která odpovídá hexaoktaedrickému oddělení kubické soustavy. Různoměrně vyvinutý krystal magnetitu na obr. 2.2b je zcela asymetrický; krystal magnetitu na obr. 2.2c má zřejmě střed souměrnosti a připomíná tak spojku čtyř pinakoidů v triklinicky pinakoidálním oddělení. Ideální krystal křemene se symetrií odpovídající holoedrickému oddělení hexagonální soustavy je znázorněn na obr. 2.2d. Různoměrně vyvinutý krystal křemene na obr. 2.2e má symetrii charakteristickou pro krystaly náležející do rombicky dipyramidálního oddělení; krystal křemene na obr. 2.2f bychom na základě jeho souměrnosti zřejmě zařadili do triklinické soustavy.



Obr. 2.2. Ideální a různoměrný vývin krystalů magnetitu (a, b, c) a křemene (d, e, f).

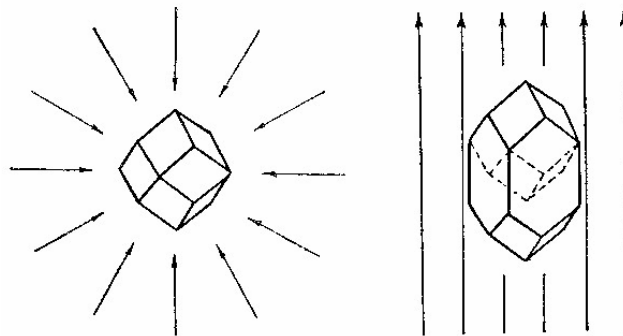
Různoměrný vývin stejnocenných krystalových ploch je výsledkem jejich nerovnoměrného růstu. K nerovnoměrnému růstu dochází např. působením gravitačních sil, prouděním roztoků, z nichž se ukládají stavební částice na povrchu rostoucího krystalu, vlivem difúze v určitém směru nebo nedostatkem prostoru pro ideální vývin krystalu.

Růst krystalů minerálů probíhá v gravitačním poli. Působením gravitačních sil například vznikají různoměrně vyvinuté krystaly křemene na hydrotermálních žilách (zejména na žilách alpského typu). Křemenné krystaly, jejichž osa z je orientována víceméně vodorovně, bývají na těchto žilách vyvinuty způsobem znázorněným na obr. 2.3 – zatímco na vrchní části krystalu zcela dominují prizmatické plochy, je jeho spodní část omezena i relativně velkými plochami klenců. Příčinou tohoto nerovnoměrného vývinu krystalů křemene je různá rychlost růstu stejnocenných ploch, která je způsobena nestejným přísunem stavebních částic k rostoucímu krystalu. Nestejný přísun stavebních částic může souviset s konvekčním prouděním v jinak nepohyblivém roztoku. Toto proudění může vznikat tím, že při růstu krystalu se roztok v jeho bezprostředním okolí ochuzuje o rozpuštěné látky, které se připojují k povrchu rostoucího krystalu. V roztoku kolem rostoucího krystalu se tedy poněkud snižuje koncentrace rozpuštěných látek a současně i jeho hustota. Roztok o nižší hustotě stoupá vzhůru a v ideálním případě se nad rostoucím krystalem vytvoří vertikální sloupec vystupujícího roztoku s nižší koncentrací. Směrem ke spodní části krystalu proudí roztok s relativně vyšší hustotou a vyšší koncentrací rozpuštěných látek. Vrchní a spodní část krystalu tedy roste z roztoku s rozdílnou koncentrací stavebních částic a rychlost růstu ploch na vrchní a spodní části krystalu je tedy rozdílná (vrchní část krystalu roste pomaleji než spodní). Nestejný přísun stavebních částic k povrchu krystalu může v jiných případech souviset s klesáním rozpuštěných částic v roztoku nebo tavenině (v tomto případě rychleji rostou vrchní plochy krystalu). Rychlost růstu krystalových ploch na vrchní části krystalu může být výrazně snížena jejich „znečistěním“ drobnými individui jiných minerálů, která dopadají na rostoucí plochy – takto vznikají např. různoměrně vyvinuté krystaly křišťálu s uzavřeními chloritu, jehož šupinky se ukládaly na plochách omezujících vrchní část rostoucího krystalu křišťálu.



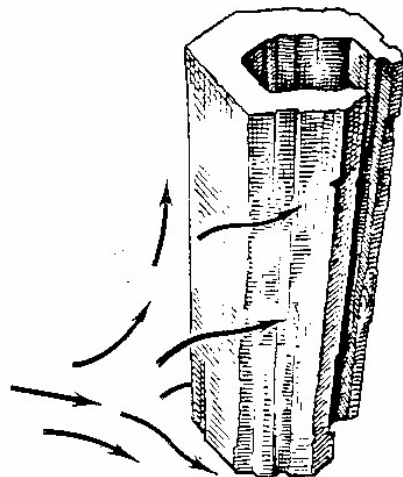
Obr. 2.3. Různoměrný vývin krystalů křemene na hydrotermální žíle: 1 – pozice krystalu na žíle (krystalografická osa z je přibližně horizontální), 2 – vývin spodní části krystalu, 3 – vývin vrchní části krystalu.

Pouze za ideálních podmínek je přísun stavebních částic k rostoucímu krystalu stejně intenzivní ze všech směrů. V levé polovině obr. 2.4 je znázorněn krystal granátu, jenž roste v prostředí, které umožňuje vznik prakticky ideálně vyvinutého romboického dodekaedru. Reálné krystaly však rostou v anizotropním prostředí, v němž intenzita přínosu stavebních částic závisí na směru. Pokud je intenzita přínosu stavebních částic z jednoho směru výrazně vyšší než z ostatních směrů (viz pravá polovina obr. 2.4), není vývin krystalu ideální – symetrie okolního prostředí v tomto případě ovlivňuje symetrii rostoucího krystalu (různoměrně vyvinutý romboický dodekaedr na obr. 2.4 má symetrii odpovídající holodrickému oddělení tetragonální soustavy).



Obr. 2.4. Vliv symetrie prostředí na morfologii rostoucího krystalu: K rostoucímu krystalu náležejícímu do kubické soustavy jsou stavební částice přinášeny ze všech směrů (krystal má tvar romboického dodekaedru – *vlevo*), nebo jen z jednoho směru (vývin krystalu není ideální – *vpravo*).

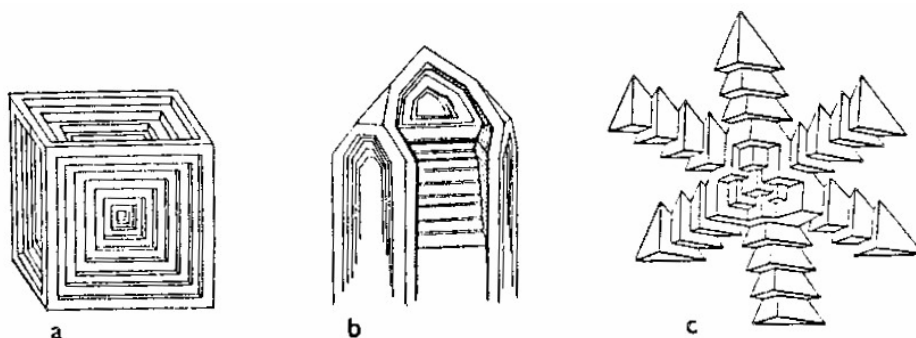
S různoměrným vývinem krystalů způsobeným difúzí nebo přísunem roztoků přednostně jen z určitého směru se často setkáváme u tzv. metakrystů. Růst metakrystů probíhá v pevném prostředí. K jejich vzniku dochází při metamorfních procesech, v průběhu diagenese a při metasomatických procesech v pegmatitových tělesech a na hydrotermálních žilách. Metakrysty bývají poměrně dokonale omezeny krystalovými plochami ze všech stran. Jejich krystalové omezení je zpravidla jen velmi jednoduché (ve srovnání s krystaly rostoucími např. volně v roztoku nebo tavenině bývají metakrysty omezeny plochami menšího počtu tvarů). Metakrysty mají často sloupcovitý nebo tabulkovitý habitus, a to obzvláště v případech, kdy jsou přítomny v regionálně metamorfovaných horninách s výraznou foliací. Metakrysty velmi často obsahují četné uzavřené minerály z okolního prostředí, které bývají obzvláště ve velkém množství přítomny v centru metakrystů. Na obr.



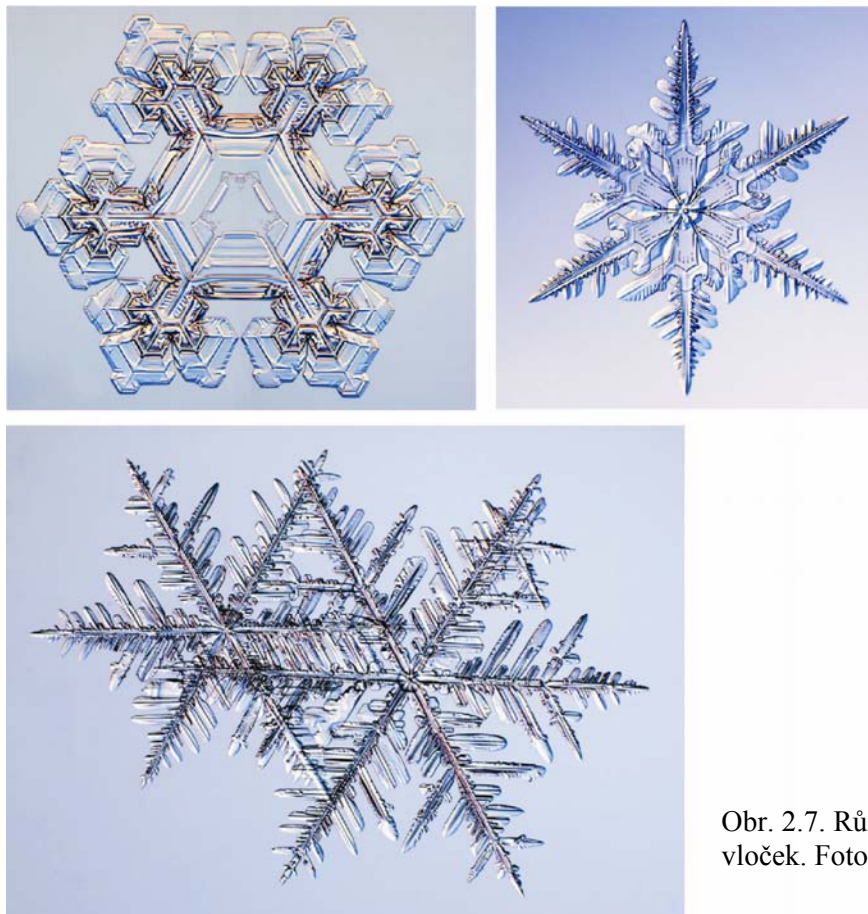
Obr. 2.5. Metakryst berylu v podobě „pouzdra“ vznikajícího přínosem stavebních částic ve směru šipek.

2.5 je znázorněn „pouzdrovitý“ metakryst berylu, jenž vzniká v průběhu metasomatózy. Je zřejmé, že k jeho růstu dochází především na plochách, k nimž jsou stavební částice přinášeny nejintenzivněji. Rostoucí metakryst má dosud charakter nedokonalého „pouzdra“, jímž jsou postupně obkloповány a uzavírány minerály okolního prostředí.

Za určitých podmínek se na rostoucím krystalu přednostně vytvářejí rohy a hrany, zatímco připojování stavebních částic na plochy rostoucího krystalu probíhá jen velmi pomalu. Dochází tak ke kostrovitému růstu, jímž vznikají kostrovité krystaly, jejichž krystalové plochy se obvykle stupňovitě „propadají“ do středu krystalu (obr. 2.6a, 2.6b, 2.8, 2.9). Kostrovité, silně „rozvětvené“ krystaly se často označují jako dendritické krystaly (jako např. krystal mědi na obr. 2.6c nebo krystal stříbra na obr. 2.10). Rozmanitě vyvinutými kostrovitými krystaly jsou sněhové vločky (obr. 2.7).



Obr. 2.6. Kostrovitý vývin krystalu halitu (a), křemene (b) a dendritický krystal mědi (c).



Obr. 2.7. Různá morfologie sněhových vloček. Foto: Kenneth Libbrecht.



Obr. 2.8. Kostrovitě vyvinuté hexaedry halitu; šířka snímku cca 95 mm. Searles Lake, San Bernardino Co., California, USA. Foto: Rob Lavinsky.



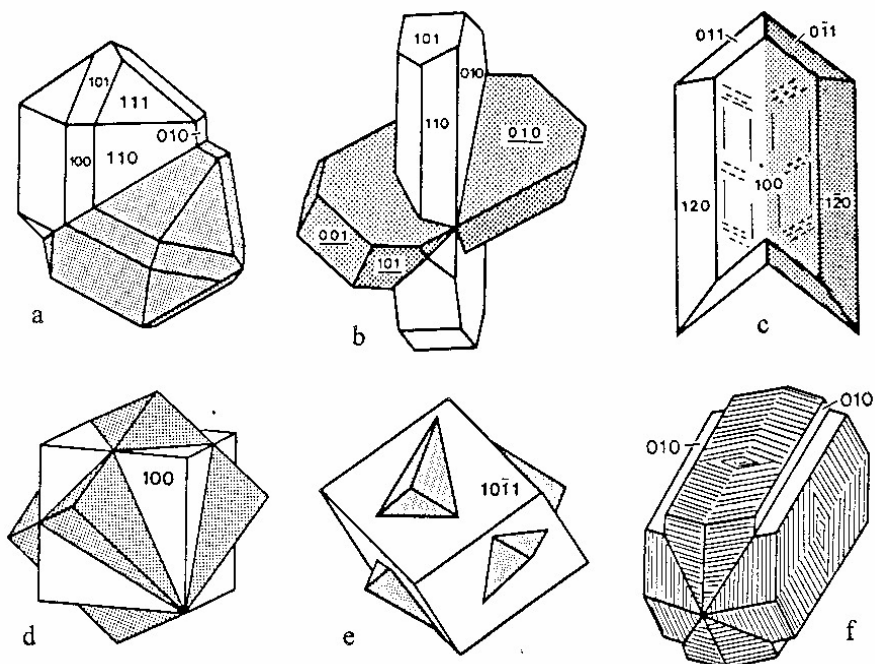
Obr. 2.9. Kostrovitý vývin arsenolitu; šířka snímku 8 mm. Smolník, Slovensko. Foto: Rainer Bode.



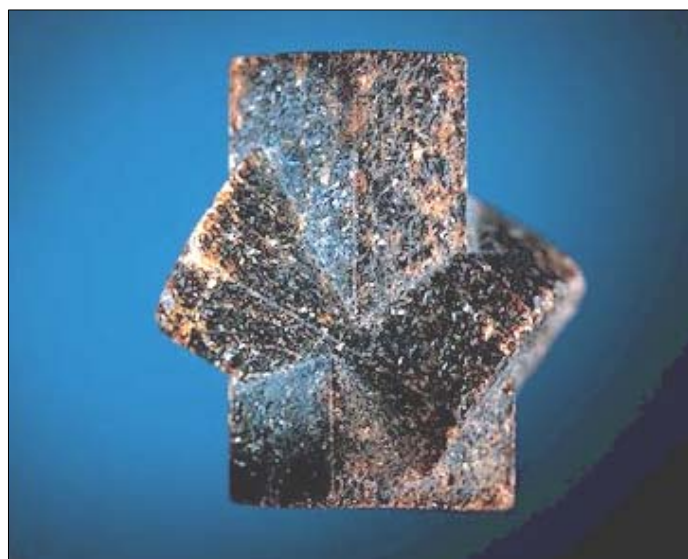
Obr. 2.10. Dendritický krystal stříbra; šířka snímku 20 mm. Laut, Sasko, Německo. Foto: Rainer Bode.

2.1.3. Zákonité krystalové srůsty

Dva krystaly téhož minerálu spolu někdy mohou zákonitě srůstat a vytvářet tak krystalová dvojčata (obr. 2.11). Způsob dvojčatného srůstání je definován tzv. dvojčatným zákonem. U některých minerálů dochází k dvojčatění podle různých dvojčatných zákonů za vzniku různých typů krystalových dvojčat. Běžné jsou dvojčatné srůsty např. u staurolitu – jde o křížové proroostlice dvou typů: u prvního typu staurolitových dvojčat svírají vertikální osy obou krystalových jedinců úhel přibližně 60° (obr. 2.11b, 2.12), u druhého typu (v přírodě méně rozšířeného) svírají vertikální osy obou jedinců pravý úhel (obr. 2.13). Velmi časté jsou zákonité srůsty u živců, u nichž dochází k dvojčatění podle různých zákonů – jde např. o dvojčatění podle karlovarského zákona, jímž vznikají tzv. „karlovarská dvojčata“ (obr. 2.14a



Obr. 2.11. Dvojčatění krystalů kasiteritu (a), staurolitu (b), sádrovce (c), fluoritu (d), chabazitu (e) a phillipsitu (f).

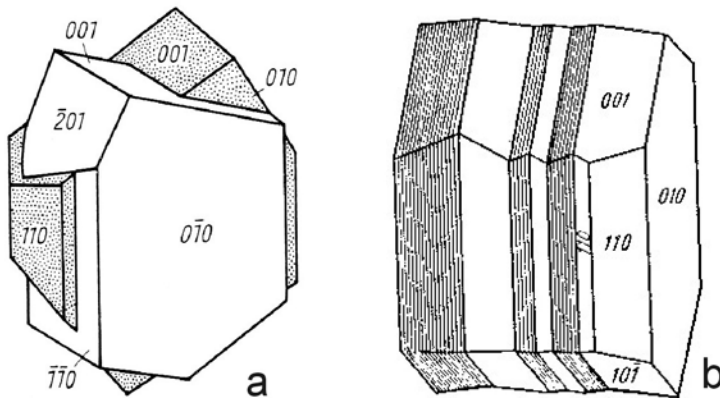


Obr. 2.12. Dvojče staurolitu šířka snímku 30 mm. Baud Morbihan, Rio Pina, Cicaba. Foto: Rainer Bode.

a 2.15), nebo podle manebašského zákona; u živců běžně dochází k polysyntetickému dvojčatnému srůstání, při němž spolu paralelně srůstá velký počet krystalových jedinců tabulkovitého habitu (obr. 2.14b). Ke dvojčatění běžně dochází u řady dalších minerálů – např. křemen, kalcit, sádrovec (obr. 2.11c, 2.16, 2.17 – dvojčata označovaná jako „vlaštovčí ocasy“), kasiterit (obr. 2.11a), fluorit (obr. 2.11d, 2.18), rutil (obr. 2.19 až 2.21), cerusit, chabasit, phillipsit (obr. 2.11f), magnetit.



Obr. 2.13. Dvojče staurolitu; šířka snímku cca 60 mm. Kejvy, Kolský poloostrov, Rusko. Foto: Rob Lavinsky.



Obr. 2.14. Dvojčatění živců: *a* - podle karlovarského zákona („karlovarské dvojče“) – Rösler (1988); *b* – polysyntetické dvojčatění podle manebašského zákona



Obr. 2.15 Sanidin – karlovarské dvojče; šířka snímku cca 50 mm. Ostrov Samothraki, Řecko. Foto: Triantafyllos Soldatos.



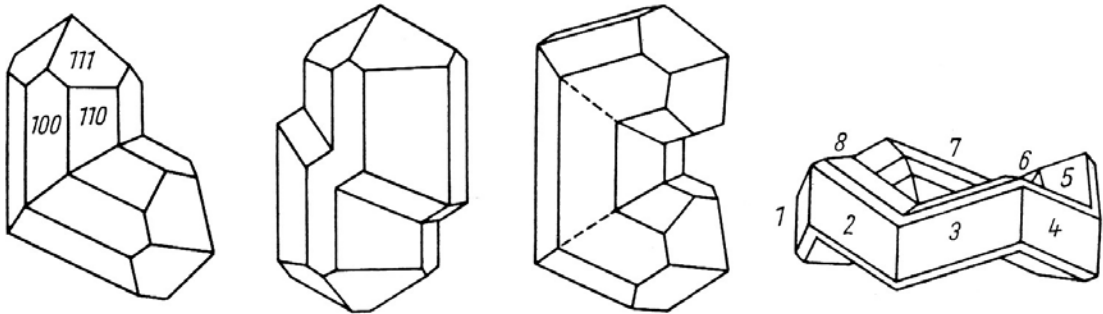
Obr. 2.16. Dvojčata sádrovce (tzv. „vlastovčí ocasy“); šířka snímku cca 55 mm. Hallstatt, Rakousko. Foto: Christian Bracke.



Obr. 2.17. Dvojče sádrovce (tzv. „vlastovčí ocasy“); šířka snímku cca 100 mm. Banská Štiavnica, Slovensko. Foto: Vítězslav Snášel.



Obr. 2.18. Dvojčata fluoritu; šířka snímku 90 mm. Rogerley Mine, Frosterley, Weardale, North Pennines, Co. Durham, England, UK. Foto: Jesse Fisher.



Obr. 2.19. Dvojčatění rutilu: dvojče ze dvou individuí (vlevo), tři dvojčatně srůstající individua (dva prostřední obrázky), dvojčatný srůst osmi jedinců (vpravo) – Rösler (1979).



Obr. 2.20. Dvojčata rutilu; šířka snímku cca 24 mm. Kinyanfumbe, Zambie. Foto: Fabre Minerals.

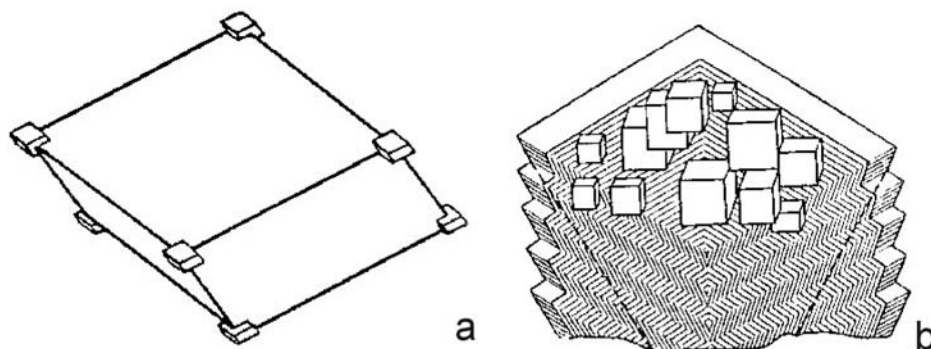


Obr. 2.21. Rutil – cyklické „osmerče“; šířka snímku cca 45 mm. Magnet Cove, Hot Springs County, Arkansas, USA. Foto: Fabre Minerals.

2.1.4. Epitaxe

Ke vzniku krystalu dochází dvojstupňovým procesem, který se skládá z nukleace a z růstu krystalu připojováním atomů, radikálů nebo molekul k tomuto zárodku. Termínem nukleace jsou označovány procesy vzniku a růstu nuklea, tj. zárodku krystalu. Tento zárodek je jen nepatrným seskupením atomů, jejichž uspořádání odpovídá struktuře budoucího krystalu. Ke vzniku zárodků může docházet spontánní (samovolnou) nukleací v určitých oblastech nestabilní mateřské fáze. Spontánní vznik nových zárodků určitého minerálu je termodynamicky nevýhodný v soustavě, v níž již existují krystaly nebo zrna tohoto minerálu. V tomto případě dojde spíše k nukleaci na povrchu těchto krystalů nebo zrn, příp. na jimi probíhajících trhlinách; centrem krystalizace se často stávají drobné úlomky téhož minerálu.

Při vzniku krystalu určitého minerálu se může stát „zárodkem“ i krystal jiného nerostného druhu. V těchto případech dochází k narůstání jednoho minerálu na druhý, přičemž vzájemná orientace obou minerálů je zákonitá. Tento jev se označuje jako epitaxe. Na obr. 2.22a je znázorněn velký klenec rodochrozitu, na nějž v rozích narůstají drobné klenec dolomitu (rohy rodochrozitového krystalu se tedy staly krystalizačními centry



Obr. 2.22. Příklady epitaxe. *a* - drobné krystaly dolomitu epitakticky narůstající na rozích velkého krystalu rodochrozitu. *b* - drobné hexaedry pyritu epitakticky narůstající na krystalu markazitů.

dolomitu). Obr. 2.22b znázorňuje epitaktické narůstání hexaedrů pyritu na krystal markazitu, obr. 2.23 a 2.24 epitaxi rutilu na hematitu. Ve všech uvedených případech jde o narůstání mladšího minerálu na krystaly staršího minerálu, jejichž růst byl již ukončen. Pokud růst obou minerálů v zákonité orientaci pokračuje, jde o epitaktické prorůstání, jehož příkladem je prorůstání křemene a ortoklasu na obr. 2.25.



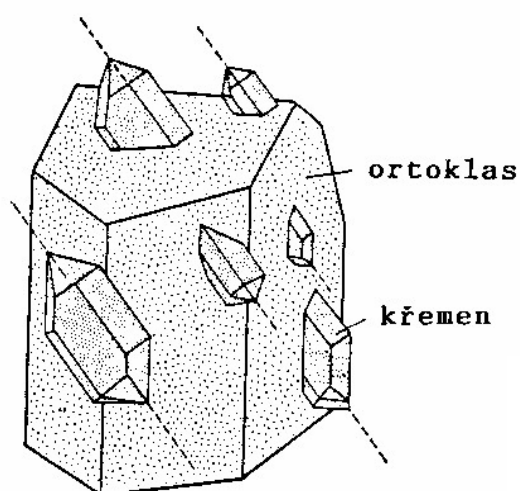
Obr. 2.23. Epitaxe rutilu na hematitu; šířka snímku cca 45 mm. Novo Horizonte, Bahia, Brazílie. Foto: Fabre Minerals.



Obr. 2.24. Orientované narůstání (epitaxe) rutilu na hematit; šířka snímku cca 40 mm. Novo Horizonte, Bahia, Brazílie. Foto: John H. Betts.

2.1.5. Makroskopicky pozorovatelné defekty růstu krystalu

V mineralogii se často používají termíny „ideální krystal“ a „reálný krystal. Ideální krystal má ideální krystalovou strukturu, která je ideálně periodická; krystaly s ideální strukturou v podstatě neexistují. Reálná krystalová struktura je ve srovnání se svým ideálním vzorem vždy určitým způsobem více či méně porušena.



Obr. 2.25. Epitaktické prorůstání křemene a ortoklasu.

V průběhu růstu krystalu se k jeho povrchu postupně připojují stavební částice. To znamená, že centrální část krystalu je nejstarší, zatímco jeho povrchová vrstva je nejmladší. Částice, které se připojily k někdejšímu povrchu rostoucího krystalu v relativně krátkém časovém úseku, tvoří v krystalu určitou zónu. Krystalizace nikdy neprobíhá za zcela konstantních podmínek; naopak v průběhu krystalizace se mění řada fyzikálně chemických parametrů (teplota, tlak, chemické složení okolního prostředí atd.). Proto se jednotlivé zóny krystalu od sebe liší svým chemickým složením a strukturou (často jen zcela nepatrně).



Obr. 2.26. Elbait provázený lepidolitem; šířka snímku cca 30 mm. Pala, San Diego County, California, USA. Foto: Fabre Minerals.



Obr. 2.27. Elbait („watermelon“); šířka snímku cca 1,4 mm. Santa Rosa Mine, Itambacuri, Minas Gerais, Brazílie. Foto: Fabre Minerals.

Zonální stavba krystalu je někdy pozorovatelná i makroskopicky, neboť se může projevovat rozdílným zbarvením jednotlivých zón, tj. zonálním zbarvením. Velmi výrazné zonální zbarvení mívají krystaly turmalínu, na nichž lze ve směru od centra krystalu k jeho okraji pozorovat sled například takto zbarvených zón: černá zóna (skoryl) – modrá zóna (indigolit) – zelená zóna (verdelit) – bezbarvá zóna (achroit) – růžová zóna (rubelit). Zonální zbarvení lithného turmalínu – elbaitu dokumentují obr. 2.26 a 2.27. Často lze zonální zbarvení pozorovat na fluoritu (obr. 2.28).



Obr. 2.28. Zonální krystaly fluoritu; šířka snímku 50 mm. Důl Minerva #1, Cave-in-Rock, Hardin County, Illinois, USA. Foto: John H. Betts.

Ve výbrusech (studovaných pomocí mikroskopu) se zonální stavba krystalů někdy zřetelně projevuje díky rozdílným optickým vlastnostem různých zón (např. rozdílným pleochroismem, indexem světelného lomu nebo dvojlomem). Ve výbrusech magmatických hornin lze často pozorovat zonální stavbu některých hlavních horninotvorných minerálů - např. amfibolů, pyroxenů, olivínu a zejména plagioklasů, jejichž zonálnost je dána různým podílem složek Ab a An v jednotlivých zónách krystalu (bazicita plagioklasu zpravidla klesá ve směru od centra krystalu k jeho okraji). Nejlépe lze zonálnost krystalů prokázat chemickou analýzou jednotlivých zón (např. pomocí elektronové mikrosondy). Někdy je však nutno k prokázání zonálnosti použít speciálních metod, jejichž příkladem může být sledování izotopického složení olova v různých zónách krystalu galenitu nebo sledování luminiscence vyvolané RTG-zářením např. při studiu zonální stavby krystalů diamantu.

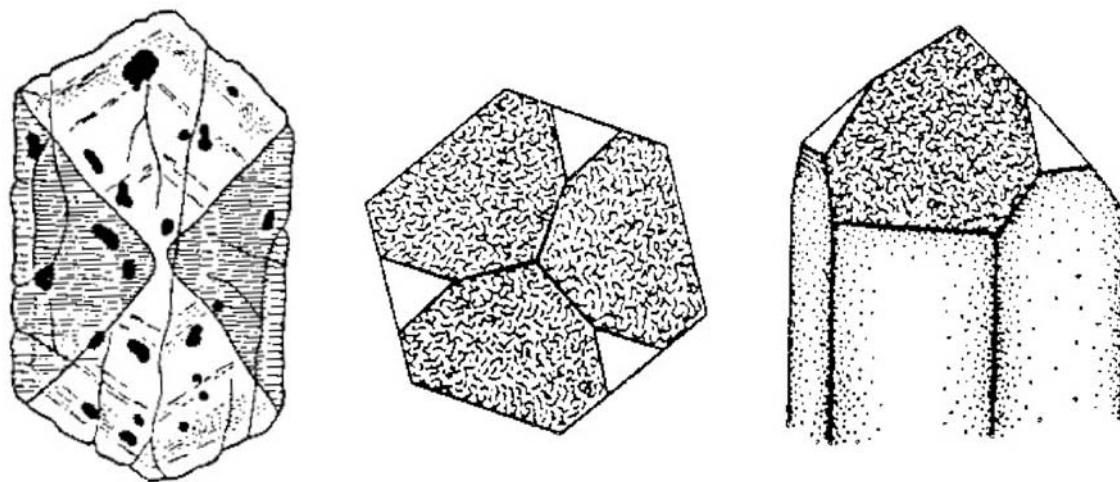
Zonální stavba krystalu však může být makroskopicky pozorovatelná i díky heterogenním příměsem – jde např. o šupinky chloritu nebo hematitu v určitých zónách krystalů křemene (krystaly křemene nebo jejich určité zóny mohou být těmito uzavřeními výrazně zbarveny – viz obr. 2.29). V případě minerálů hydrotermálního původu je jejich zonálnost často zvýrazněna zvýšenou koncentrací plynokapalných uzavření v některých zónách krystalů (např. v krystalech křemene se přítomnost většího množství plynokapalných uzavření v určitých zónách projevuje jejich zakalením, zatímco zóny s nepatrným množstvím těchto uzavření mohou být bezbarvé).



Obr. 2.29. Křemen zeleně zbarvený uzavřeními chloritu; šířka snímku 100 mm. Seriphos, Řecko. Foto: Albert Russ.

Při růstu krystalu dochází k připojování stavebních částic na plochách, hranách a rozích krystalu. Protože různé plochy, rohy a hrany mají různé vlastnosti, není složení určité zóny krystalu zcela totožné. Tímto způsobem vzniká při růstu krystalu sektorová stavba; jednotlivé sektory se od sebe mohou lišit charakterem a množstvím izomorfních nebo mechanických (heterogenních) příměsí, povahou a množstvím dislokací apod. Růstem libovolné plochy krystalu postupně vzniká pyramida růstu. Počet pyramid růstu je totožný s počtem právě rostoucích krystalových ploch.

Ve výjimečných případech je sektorová stavba krystalů nápadná již makroskopicky. Příkladem jsou krystaly sádrovce s obsahem heterogenních příměsí jílových částic, které byly při růstu krystalu přednostně zachycovány určitými plochami, čímž se v krystalu vytvořily pyramidy růstu (sektory) obohacené jílovými částicemi – tyto sektory svou morfologií často připomínají přesýpací hodiny, a proto se struktura takových krystalů označuje jako „presýpátková struktura“ (tato struktura je nejlépe pozorovatelná na řezech proložených osou protilehlých růstových pyramid). „Presýpátkové struktury“ jsou poměrně časté v krystalech některých pyroxenů (např. augitu – obr. 2.30).



Obr. 2.30. Sektorová stavba krystalů. *Vlevo:* pyroxen (augit). *Uprostřed a vpravo:* ametyst (hematitové inkluze v ametystu jsou znázorněny černě).

Rozdílnou absorpční schopností různých krystalových ploch křemene vzniká sektorová stavba ametystu. Fialové zbarvení této odrůdy křemene je způsobeno (alespoň v některých případech) heterogenní příměsí hematitu. Při růstu krystalu křemene (ametystu) se hematit přednostně ukládá na plochách pozitivního klence, na hranách mezi plochami prizmatu a na hranách mezi prizmatickými plochami a plochami klence (obr. 2.30).

Výraznou sektorovou stavbu, která se projevuje různým zbarvením sektorů, mají některé krystaly topazu. Makroskopicky pozorovatelná sektorová stavba krystalů topazu je způsobena připojováním rozdílných izomorfních příměsí na různých plochách rostoucího krystalu. Izomorfní příměsí Fe^{3+} jsou některé růstové pyramidy (sektory) zbarveny růžově až růžově hnědě, zatímco jiné sektory jsou izomorfní příměsí Fe^{2+} zbarveny modře.

2.1.6. Lepty na krystalových plochách

K rozpouštění krystalů dochází obvykle při jejich styku s čistým rozpouštědlem nebo nenasyceným roztokem (může jít o vodu, vodný roztok, taveninu nebo roztok v tavenině).

Rozpouštění je opakem růstu krystalu. Zatímco k připojování částic k povrchu rostoucího krystalu dochází především v místech, kde je připojení částice provázáno uvolněním co největšího množství energie, při rozpouštění krystalu nejnáze dochází k odtržení částic, které tvoří nerovnosti na povrchu krystalových ploch; potom následuje odtrhávání částic umístěných na rozích a hranách krystalu a nejhůře dochází k odtrhávání částic uvnitř krystalových ploch. Proto rozpouštěním často vznikají krystaly s otupenými rohy a hranami – příkladem mohou být zaoblené krystaly diamantu.

Rozpouštění krystalových ploch neprobíhá po vrstvách, ale šíří se od jednotlivých bodů, jejichž poloha na plochách krystalu je zpravidla předurčena rozmístěním defektů v krystalové struktuře. Rozpouštění se od těchto bodů šíří jak po povrchu krystalu, tak i do hloubky. Na

krystalových plochách rozpouštěním vznikají tzv. lepty (drobné „dolíčky“), jejichž geometrie závisí na struktuře rozpouštěného krystalu i na charakteru rozpouštědla.

2.1.7. Pseudomorfózy

Jako pseudomorfózy jsou nejčastěji označovány „krystaly“, jejichž morfologie neodpovídá jejich látkovému složení (jejich struktuře). Jde o případy, kdy původní hmota krystalu byla nahrazena hmotou odlišného chemického složení nebo hmotou téhož chemického složení, avšak s odlišnou krystalovou strukturou. V obou případech je krystalový tvar starší než hmota, která jej nyní tvoří. Krystal prvotního minerálu (tzv. protominerálu) může být nahrazen jediným individuem jiného minerálu, monominerálním agregátem složeným ze zrn jiného minerálu, polyminerálním agregátem nebo i hmotou s určitým podílem amorfních složek (např. směsí oxy-hydroxidů Fe). Časté jsou např. pseudomorfózy limonitu po krystalech pyritu (obr. 2.31), pseudomorfózy limonitu po sideritu (obr. 2.32), malachitu po azuritu (obr. 2.33 a 2.34), či hematitu po magnetitu (obr. 2.35). Ve všech uvedených případech původní krystalový tvar tedy zůstává a mění se chemismus.



Obr. 2.31. Pseudomorfóza limonitu po pyritu; šířka snímku cca 45 mm. Pelican Point, Utah City, Utah, USA. Foto: Fabre Minerals.



Obr. 2.32. Pseudomorfóza limonitu po sideritu; šířka snímku cca 3 mm. Washington Pass, Okanogan Co, Washington, USA. Foto: Saul Krotki.



Obr. 2.33. Azurit (přeměňující se na malachit); šířka snímku 75 mm. Chessy-les-Mines, Rhône, Francie. Foto: Peter Haas.



Obr. 2.34. Pseudomorfóza malachitu po azuritu; šířka snímku 24 mm. Tadamout, Maroko. Foto: Fabre Minerals.

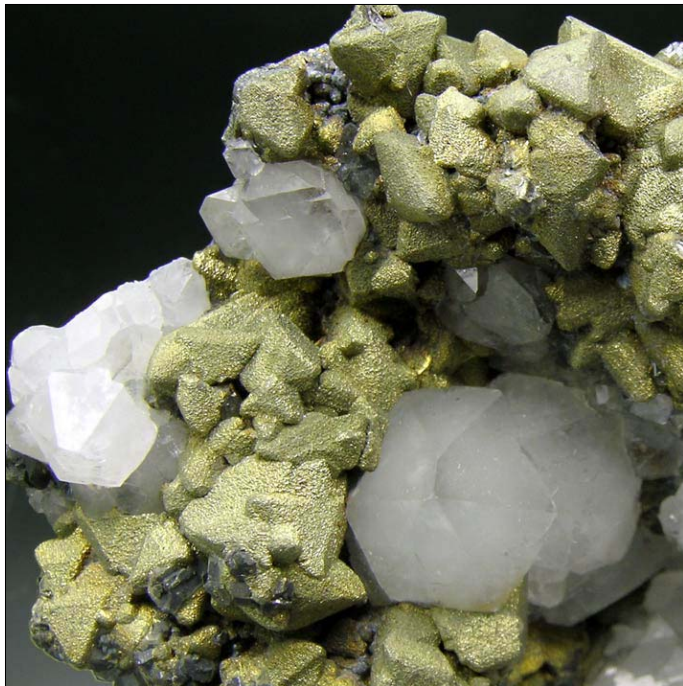


Obr. 2.35. Pseudomorfóza hematitu po magnetitu. Sopka Pavún, Altiplano de Pavún Matru, Mendoza, Argentina; šířka snímku 40 mm. Foto: John H. Betts.

Existují však také pseudomorfózy, u nichž zůstává zachován nejen původní tvar, ale i chemismus. Jde např. o pseudomorfózy kalcitu po aragonitu (jde o změnu rombické modifikace CaCO_3 v trigonální modifikaci); obdobným příkladem vzniku pseudomorfózy pouhou změnou krystalové struktury při zachování chemismu je nahrazení krystalu diamantu grafitem. Pseudomorfózy, které se vytvořily fázovým přechodem jedné modifikace v druhou, se označují jako paramorfózy (v uvedených příkladech jde o paramorfózy kalcitu po aragonitu a o paramorfózy grafitu po diamantu).

Dalším typem pseudomorfóz jsou perimorfózy, označované též jako „obalové pseudomorfózy“. V tomto případě jde o pokrytí staršího minerálu minerálem mladším, zpravidla v podobě jen tenkého povlaku („poprašku“ – viz obr. 2.36) nebo i mohutnějších krust (obr. 2.37).

Někdy je však termín pseudomorfóza chápán podstatně širěji. Za pseudomorfózy jsou považovány produkty chemických a fyzikálních přeměn nerostných individuí (jednotlivá individua nemusí mít vlastní krystalové omezení – může jít např. o zcela nepravidelná zrna) a agregátů protominerálů. Jako pseudomorfózy jsou dokonce označovány i fosilizované



Obr. 2.36. Krystaly tetraedritu perimorfované chalkopyritem, provázené křemenem; šířka snímku cca 40 mm. Herodsfoot Mine, Lanreath, Liskeard, Cornwall, England, UK. Foto: Fabre Minerals.



Obr. 2.37. Drobné klence dolomitu částečně perimorfující morion; šířka snímku 60 mm. Cavnic (Kapnik), Maramures, Rumunsko. Foto: John H. Betts.

organické zbytky, jejichž vnější tvar zůstal uchován (jde o tzv. biomorfózy, jejichž příkladem jsou pseudomorfózy pyritu po schránkách amonitů).

2.1.8. Krystalické agregáty

Víceméně dokonale vyvinuté, vlastními krystalovými plochami omezené krystaly mohou vznikat jen tam, kde mají k svému růstu dostatek volného prostoru. V omezeném prostoru obvykle vzniká velké množství krystalů současně, takže si při svém růstu navzájem překáží. Za těchto podmínek vytvořená individua jsou krystalovými plochami omezena jen nedokonale nebo se na nich krystalové plochy vůbec nevyskytují. Seskupení takových individuí se označuje jako krystalický agregát.

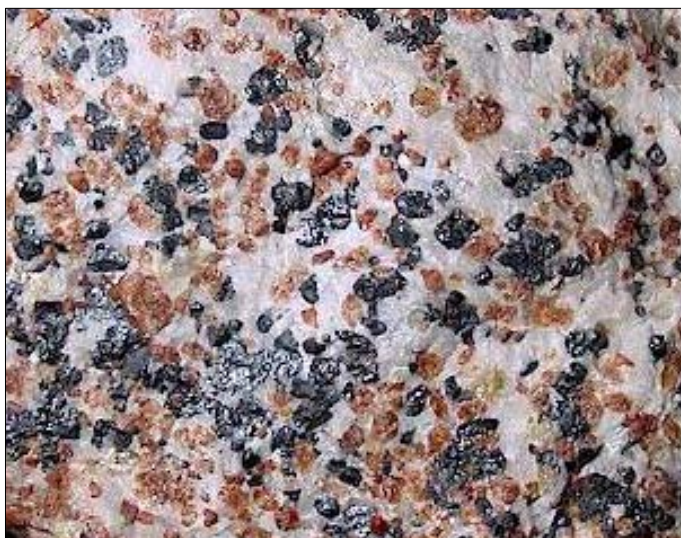
Podle celkového vzhledu individuí rozlišujeme tři základní typy agregátů, které jsou spojeny pozvolnými přechody:

a) zrnité agregáty, které jsou tvořeny izometrickými individuí – jde např. o hrubozrnné nebo jemnozrnné agregáty (obr. 2.38 a 2.39);

b) sloupcovité agregáty, které jsou tvořeny individuí protaženými v jednom směru – jde např. o agregáty hrubě nebo jemně sloupcovité, stébelnaté, jehlicovité nebo vláknité (obr. 2.40 až 2.44); tyto agregáty mohou mít buď paralelní stavbu (individua jsou uspořádána rovnoběžně – viz obr. 2.42) nebo paprscitou stavbu (individua jsou uspořádána vějířovitě a jejich agregáty se zpravidla označují jako radiálně paprscité – viz obr. 2.41), případně mohou být jednotlivá individua rozmístěna zcela chaoticky – může jít pak např. o agregáty nepravidelně stébelnaté, nepravidelně jehlicovité nebo nepravidelně vláknité (často označované jako plstnaté agregáty);

c) tabulkovité agregáty, které jsou tvořeny individuí protaženými ve dvou směrech – jde např. o deskovité, tlustě nebo tence tabulkovité, lupenité či šupinkovité agregáty (obr. 2.45 a 2.48).

Jako celistvé agregáty jsou označovány agregáty, u nichž nelze pouhým okem rozlišit jednotlivá individua. Pokud jsou jednotlivá individua v jemnozrnných agregátech spojena tak volně, že se otírají o prsty, označujeme tyto agregáty jako zemité agregáty. Jindy jsou součástí agregátu značně velké „kusy“ určitého minerálu (rozměry těchto „kusů“ jsou větší než několik cm); minerál tvořící „kusy“ se označuje jako kusový (např. kusový křemen, kusový živec).



Obr. 2.38. Zrnitý agregát willemitu, franklinitu a kalcitu; šířka snímku cca 60 mm. Sterling Mine, Ogdensburg, New Jersey, USA.



Obr. 2.39. Zrnitý agregát tetraedritu a ankeritu; šířka snímku 110 mm. Rudňany, Slovensko. Foto: Petr Němeček.



Obr. 2.40. Stébelnatý agregát laumontitu; šířka snímku cca 115 mm. Skaret, Sollihøgda, Buskerud, Norsko. Foto: Knut Eldjarn.



Obr. 2.41. Jehlicovitý agregát natrolitu; šířka snímku 36 mm. Soutěšky, ČR. Foto: Zbyněk Buřival.



Obr. 2.42. Vlákknitý agregát chryzotilového azbestu; šířka snímku cca 50 mm. Cassiar Mine, Cassiar, British Columbia, Kanada.



Obr. 2.43. Amfibolový azbest (aktinolitový nebo tremolitový) společně s epidotem a pyroxenem; šířka snímku 4 mm. Seekar, Hohe Tauern, Salzburg, Rakousko. Foto: Dominik Schläfli.



Obr. 2.44. Aktinolitový azbest; šířka snímku cca 60 mm. Knappenwand, Hohe Tauern, Rakousko. Foto: Gerd Stefanik.



Obr. 2.45. Hrubě lupenitý agregát mastku; šířka snímku cca 130 mm. Argonaut Quarry, Ludlow, Windsor Co., Vermont, USA. Foto: Henry Minot.



Obr. 2.46. Šupinkovitý agregát lepidolitu a křemen; šířka snímku cca 33 mm. Rožná, ČR. Foto: Zbyněk Buřival.



Obr. 2.47. Tabulkovitý agregát sádrovce – tzv. „pouštní růže“; šířka snímku cca 270 mm. Grand Erg Oriental Desert, Douz, Tunisko. Foto: Rui Nunes.



Obr. 2.48. Tabulkovitý agregát hematitu – tzv. „železná růže“; šířka snímku cca 45 mm. St. Gotthard, Švýcarsko.



Obr. 2.49. Kulovité agregáty variscitu; šířka snímku 4 mm. Důl Rotläufchen, Waldgirmes, Wetzlar, Německo. Foto: Thomas Thieme.



Obr. 2.50. Kulovité agregáty wavellitu s radiálně paprscitou vnitřní stavbou; šířka snímku cca 30 mm. High Down Quarry, Filleigh, Devon, England, UK. Foto: Pete Nancarrow.

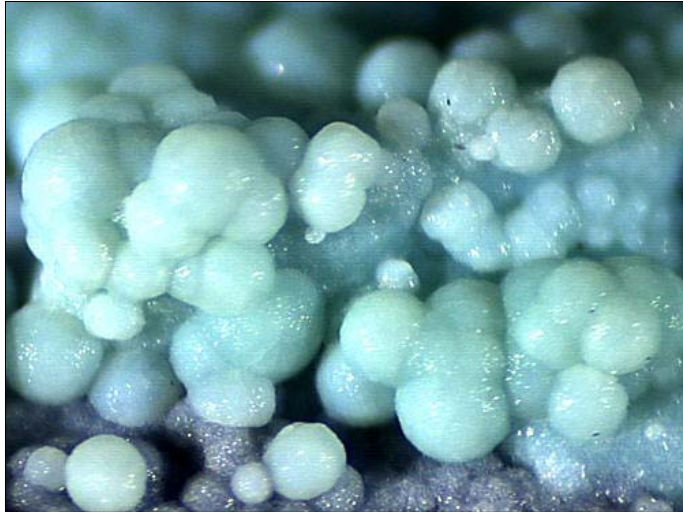
Hlavním kritériem pro rozlišení všech výše uvedených typů agregátů byla morfologie a velikost jejich individuí, případně způsob jejich vzájemného uspořádání. Agregáty však mohou být pojmenovány i na základě jejich celkové morfologie a geometrie jejich povrchu – může jít např. o kulovité agregáty (obr. 2.49 až 2.51), hroznovité agregáty (obr. 2.52 a 2.53), ledvinovité agregáty (vláknité radiálně paprscité agregáty s miskovitou odlučností – obr. 2.54 a 2.55), krápníkovité agregáty (obr. 2.56 a 2.57) nebo dendritické agregáty (rozvětvené stromečkovité nebo mechovité agregáty – obr. 2.58). Jako kolomorfní agregáty jsou označovány agregáty, v nichž se střídají tenké vrstvičky různého složení (např. střídání jemných vrstviček sulfidů v některých typech Pb-Zn rud – viz obr. 2.59) nebo vrstvičky lišící se svým zbarvením (kolomorfní stavbu má např. malachitový krápník na obr. 2.57 nebo achát na obr. 2.64).



Obr. 2.51. Kulovité agregáty prehnitu na epidotu; šířka snímku cca 22 mm. Sadiola, Kaves, Mali. Foto: Rob Lavinsky.



Obr. 2.52. Hroznovitý agregát chalcedonu; šířka snímku cca 220 mm. Byšta, Slovensko. Foto: Albert Russ.



Obr. 2.53. Hroznovitý agregát gibbsitu; šířka snímku cca 2 mm. Kamareza Mines, Agios Konstantinos, Laurion, Řecko. Foto: Dick Dionne.



Obr. 2.54. Ledvinitý agregát pseudomalachitu; šířka snímku 25 mm. Ľubietová, Slovensko. Foto: Tomáš Bančík.



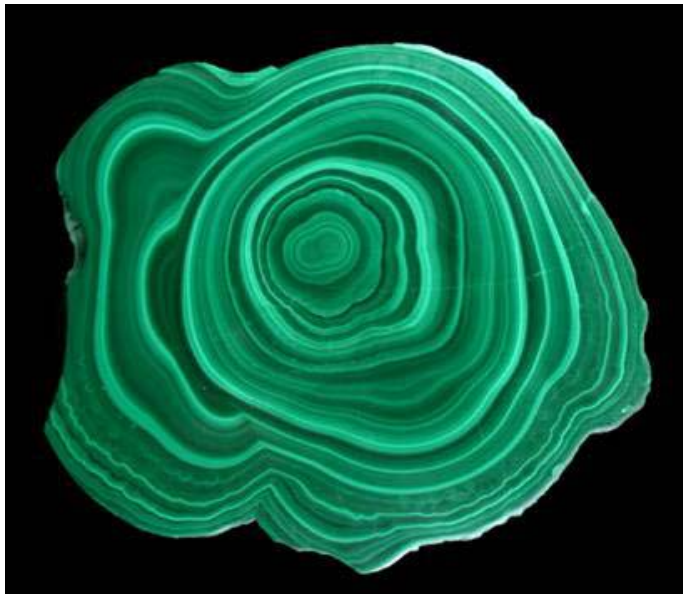
Obr. 2.55. Ledvinitý agregát markazitu společně s galenitem na sfaleritu; šířka snímku 110 mm. Důl Pomorzany, Olkusz, Polsko. Foto: Eligiusz Szeleg.

galenit

sfalerit



Obr. 2.56. Krápníky melanteritu; šířka snímku cca 2 m. Algares, Aljustrel, Portugalsko. Foto: Frank de Wit.



Obr. 2.57. Příčný průřez krápníkem z malachitu; šířka snímku 90 mm. Shaba Copper Belt, Konžská demokratická republika. Foto: John H. Betts.



Obr. 2.58. Dendrity pyroluzitu představující pseudomorfózu pyroluzitu po vernaditu na puklině bazaltu; šířka snímku cca 120 mm. Altaj, Mongolsko. Foto: Pavel M. Kartašov.



Obr. 2.59. Sulfidická ruda tvořená hlavně sfaleritem, galenitem a pyritem s výraznou kolomorfní stavbou; šířka snímku 80 mm. Olkusz, Polsko. Foto: Vítězslav Snášel.

Termínem drúza se označuje skupina krystalů narostlých na společném podkladu (obr. 2.60 až 2.63). Pokud je drúza tvořena krystaly sloupcovitého habitu (např. krystaly křemene), mohou tyto krystaly narůstat přibližně kolmo na společný podklad a náhodně spolu srůstat. Drúzy krásně vyvinutých krystalů se vyskytují především na puklinách hornin, v dutinách pegmatitů a žil hydrotermálního původu (např. rudních žil).



Obr. 2.60. Drúza tabulkovitých krystalů barytu částečně perimorfovaných kalcitem; šířka snímku 120 mm. Meikle Mine, Elko County, Nevada, USA. Foto: John H. Betts.



Obr. 2.61. Drúza krystalů křišťálu; šířka snímku 130 mm. Hot Springs, Garland Co., Arkansas, USA. Foto: Georges Bret.



Obr. 2.62. Drúza krystalů mikroklinu v pegmatitu; šířka snímku cca 70 mm. Papachacra, Belen, Catamarca, Argentina. Foto: Leon Hupperichs.



Obr. 2.63. Drúza krystalů mikroklinu – amazonitu se záhnědou a albitem – cleavelanditem (bílý); šířka snímku cca 75 mm. Tree Root Pocket, Two Point Claim, Teller Co., Colorado, USA. Foto: Kevin Ward.

Jako geody se označují výplně dutin přibližně kulovitěho tvaru v některých výlevných horninách (např. melafyrech), ale i v některých sedimentech. V geodách se vyskytuje např. achát (obr. 2.64) nebo krystalovaný křemen, jehož krystaly ční směrem do prázdného středu dutiny (obr. 2.65).



Obr. 2.64. Geoda vyplněná achátem – rovinný brus; šířka snímku 80 mm. Agate Creek, Queensland, Austrálie. Foto: Mark Rheinberger.



Obr. 2.65. Geoda vyplněná chalcedonem (šedý s namodralým odstínem na okraji geody), ametystem (fialový), kalcitem (velký jemně nažloutlý krystal) a fluoritem (žlutý kulovitý agregát); šířka snímku 62 mm. Nasik, Maharashtra, Indie.

2.2. Optické vlastnosti minerálů

2.2.1. Prostupnost světla

Různé minerály mají rozdílnou schopnost propouštět světelné paprsky. Průhledné minerály propouštějí světlo tak dokonale, že světelné paprsky mohou procházet i velmi silnou vrstvou minerálu. Jako čiré minerály se označují bezbarvé průhledné nerosty (např. křišťál). Položíme-li destičku vyříznutou nebo vyštípnutou z průhledného nerostu například na tento text, jsme schopni jej bez problémů přečíst. Průsvitné minerály propouštějí světlo podstatně hůře - pohledem přes některé z této skupiny minerálů lze spatřit jen hrubé obrysy okolních předmětů (dobře lze rozlišit např. sluncem zalitá okna ve stěně nebo svítící lampu v potměnlé místnosti), jiné průsvitné nerosty však velmi slabě propouštějí světlo jen ve velmi tenkých vrstvách (např. na ostrých hranách úlomků). Neprůhledné (opakní) minerály světlo nepropouštějí ani v tenkých vrstvách (např. grafit, pyrit, magnetit).

2.2.2. Barva a vryp

Barva minerálů je většinou způsobena pohlcením určitých vlnových délek světla dopadajícího na jejich povrch. Podle příčin barevnosti lze minerály rozdělit do čtyř skupin:

Achromatické (bezbarvé) minerály

Při průchodu světelných paprsků achromatickým minerálem nedochází ve viditelné části spektra (tj. v oblasti vlnových délek 400 až 760 nm) k selektivní absorpci určitých vlnových délek. Typickým achromatickým nerostem je např. křišťál (bezbarvá odrůda křemene) nebo bezbarvý diamant.

Idiochromatické (barevné) minerály

Barva idiochromatických minerálů vzniká v atomech prvků, které jsou podstatnou součástí těchto minerálů (jde o prvky vyjádřené v chemickém vzorci těchto minerálů). Ke vzniku barvy často dochází v tzv. chromoforech, jimiž jsou atomy přechodných kovů (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu). V závislosti na krystalové struktuře může stejný chromofor tvořit v různých minerálech rozmanité barvy - např. Cu způsobuje modrou barvu azuritu, zelenou barvu malachitu nebo červenou barvu kupritu, Fe vyvolává zelenou barvu olivínu a červenou barvu almandinu. Vliv na barvotvorný efekt má i valence chromoforu - dokonce i změna valence chromoforu obsaženého ve struktuře minerálu může výrazně ovlivnit jeho barvu (např. vivianit obsahující železo pouze ve formě Fe^{2+} je bezbarvý, ale na vzduchu díky oxidaci části Fe^{2+} na Fe^{3+} rychle získává nazelenalou barvu, která postupně přechází do modré až téměř černé). Barva vodičů (např. kovů) je způsobena selektivní absorpcí světla na elektronech, které se „volně“ pohybují krystalovou strukturou s kovovou vazbou. Rovněž u polovodičů (např. pyritu, galenitu, sfaleritu, chalkopyritu a řady dalších sulfidů, hematitu a magnetitu) je barva vyvolána selektivní absorpcí světla na elektronech, které se po excitaci dostatečně velkou energií mohou „volně“ pohybovat ve struktuře minerálu.

Alochromatické (zbarvené) minerály

Barva alochromatických minerálů může vznikat v atomech přechodných kovů, které jsou (na rozdíl od idiochromatických minerálů) jen stopovou, v idealizovaném chemickém vzorci nevyjádřenou příměsí. Například Cr způsobuje zelené zbarvení smaragdu nebo červené zbarvení rubínu, Fe vyvolává modrozelenou barvu akvamarínu nebo žlutou barvu citrínu. Různé příměsi způsobují u mnoha minerálů existenci různě zbarvených odrůd (jde například o barevně odlišné variety křemene, berylu, korundu a spinelu). Zbarvení některých minerálů má svůj původ v tzv. „barevných centrech“, přičemž těmito barevnými centry bývají defekty v krystalové struktuře. Některé nerosty jsou zbarveny drobnými uzavřeními (inkluzemi) jiných minerálů (např. uzavření chloritu nebo hematitu v křemenu způsobují jeho zelené nebo červené zbarvení).

Pseudochromatické (zdánlivě barevné) minerály

V pseudochromatických minerálech vznikají barevné efekty lomem, ohybem nebo interferencí světelných paprsků. K anomálním barevným efektům patří např. iridiscence, labradorescence, opalizace, opalescence a alexandritový efekt.

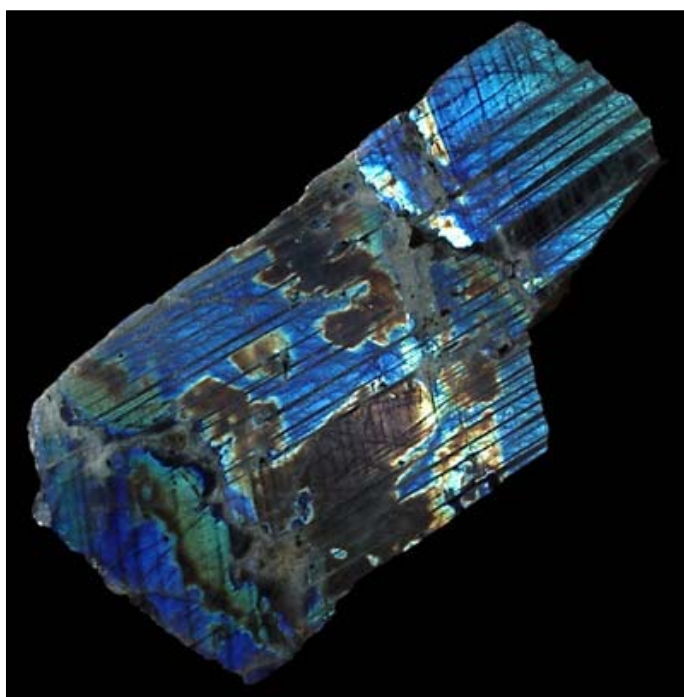
Iridiscence (irizace) se projevuje duhovými barvami na trhlínkách nebo štěpných plochách (obr. 2.66). Labradorescence (labradoritizace) je pestrá hra barev vznikající rozkladem světla a interferencí na dvojčatných lamelách živců (obr. 2.67 a 2.68) – labradorescenci lze považovat za druh iridiscence.



Obr. 2.66. Albit (tzv. „měsíční kámen“) s efektem duhy; oválný brus 16 x 12 mm. Indie.



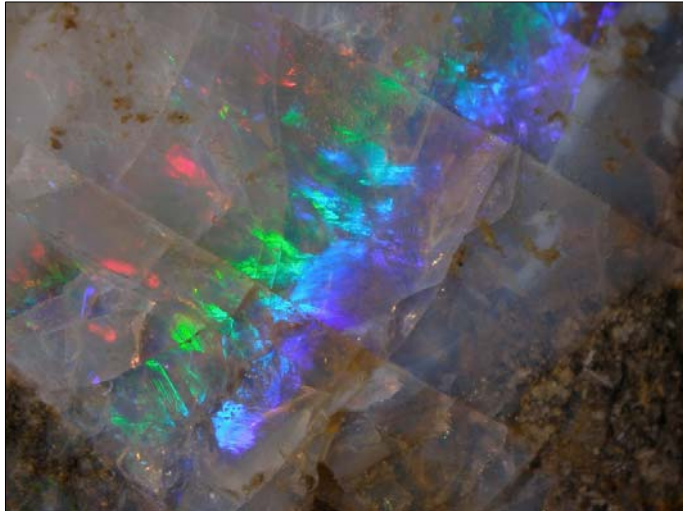
Obr. 2.67. Labradorescence labradoritu; šířka snímku cca 65 mm. Lom Ylämaa, Lappeenranta, Etelä-Suomen Lääni, Finsko. Foto: Martins da Pedra.



Obr. 2.68. Labradorit vykazující labradorescenci – rovinný brus; šířka snímku cca 90 mm. Labrador, Kanada. Foto: John H. Betts.

Opalizace („barvohra“) je charakteristická pro drahý opál (obr. 2.69 a 2.70). Je způsobena pravidelným uspořádáním tzv. globul, mezi nimiž jsou stejně uspořádané dutinky. Tato stavba opálu vyvolává lom a rozklad světla. Výsledným efektem je výrazná hra barev při pohledu pod různými úhly.

Opalescence je charakteristická pro opály. Jde o rozptyl světla, vyvolávající mléčně modravý nebo perleťový vzhled opálů v důsledku reflexních jevů, při nichž se odráží především krátkovlnné, tj. modré světlo (viz obr. 2.70).



Obr. 2.69. Drahý opál; šířka snímku 20 mm. Dubník, Červenica, Slovensko.
Foto: Albert Russ.



Obr. 2.70. Drahý opál – oválný kabošon, 16,3 x 4,3 až 6,5 x 4,5 mm, Austrálie.

Alexandritový efekt je změna barvy minerálu v závislosti na spektrálním složení světla. Je nazván podle alexandritu (odrážka chryzoberylu), na němž se projevuje velmi výrazně: při denním světle je alexandrit trávově až smaragdově zelený, při umělém fialově červený až červenofialový (viz obr. 2.71). Někdy je alexandritový efekt pozorovatelný u fluoritu, pyropu a spessartinu.



Obr. 2.71. Alexandritový efekt u alexandritu – trojúhelníkový brus, 8,7 mm. Indie. Levá polovina obrázku při denním světle, pravá při světle umělém.
Cena: \$9611.55

Interferencí světla na tenkých vrstvách oxidů, které bývají přítomny zejména na povrchu některých sulfidických minerálů, vznikají tzv. náběhové barvy (např. chalkopyrit bývá často „pokryt“ modrými, fialovými nebo hnědými náběhovými barvami). Vzhledem k existenci náběhových barev je nutno barvu některých nerostů (zejména sulfidů) posuzovat na čerstvých plochách.

Jako barva vrypu (nebo jen vryp) se označuje barva prášku nerostu, která se zjišťuje rozetřením nerostu na destičce z nepolévaného porcelánu, případně rypáním nožem nebo ocelovou jehlou do minerálu. U nerostů kovově lesklých bývá vryp obvykle tmavší než jejich barva, u nerostů průhledných nebo průsvitných bývá barva vrypu obvykle světlejší než barva nerostu (světle zbarvené nerosty mají často bílý vryp).

2.2.3. Lesk

Lesk vzniká reflexí a rozptylem světla na povrchu minerálu (resp. v tenké vrstvičce při jeho povrchu). Lze rozlišit tři hlavní typy lesku:

Kovový lesk je typický pro opakní nebo téměř opakní minerály, které odrážejí značnou část světla na ně dopadajícího. Kovový lesk mají např. ryzí kovy (např. zlato, stříbro, měď, rtuť) a většina sulfidů (např. pyrit, markazit, chalkopyrit, galenit, antimonit, molybdenit).

Polokovový lesk je typický pro některé opakní nebo téměř opakní minerály (např. hematit, někdy kassiterit a sfalerit).

Nekovový lesk je velmi rozmanitý a podle jakosti se blíže označuje jako diamantový, skelný, mastný, perleťový, hedvábný nebo matný.

Diamantový lesk je charakteristický pro průhledné minerály s vysokým indexem světelného lomu (např. diamant, zirkon).

Skelný lesk je velmi častý u průhledných minerálů (např. křemen, halit, fluorit, olivín, granáty, živce).

Mastný lesk je zpravidla způsoben drobnými plynokapalnými uzavřeními v jinak průhledných minerálech (např. někdy křemen, apatit, opál).

Perleťový lesk je podmíněn totálním odrazem světla na jemných trhlínkách ve výborně štěpných minerálech (např. některé živce, slídy, sádrovec).

Hedvábný lesk je vyvolán vláknitou stavbou některých nerostných agregátů (je charakteristický např. pro malachit).

Matný lesk je velmi slabý nekovový lesk (někdy jej má např. opál).

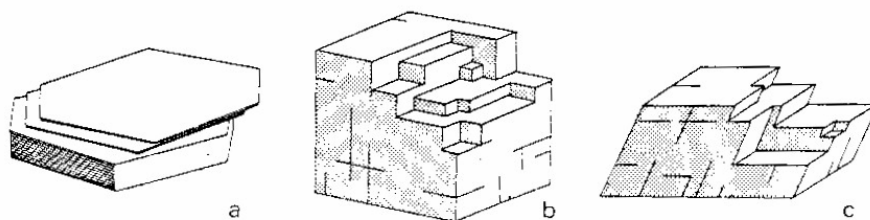
Minerály bez lesku se často označují jako mdlé minerály, příp. minerály s mdlým leskem (např. zemitý kaolinit, jarosit, celistvý magnezit).

Je běžné, že jeden a týž minerál může vykazovat několik typů lesku (v závislosti na zbarvení, přítomnosti uzavřenin, agregátním stavu apod.). Hodnocení lesku může být velmi subjektivní.

2.3. Štěpnost a lom

Štěpnost je definována jako krystalograficky orientované minimum soudržnosti. Je to schopnost krystalické látky štípat se (praskat) podél určitých rovin. Na krystalech lze pozorovat, že plochy štěpnosti jsou často rovnoběžné s určitými krystalovými plochami, přičemž jde zpravidla o krystalové plochy s nejjednoduššími Millerovými symboly (obr. 2.72). Podobně jako krystalové plochy jsou i plochy štěpnosti odrazem struktury krystalické látky.

Kvalita štěpnosti se v mineralogii obvykle charakterizuje adjektivy „dokonalá“, „dobrá“ (nebo „střední“), „nedokonalá“ (nebo „zřetelná“) a „velmi nedokonalá“ („nezřetelná“); někdy se stupně štěpnosti vymezují jemněji (například velmi dokonalá štěpnost se označuje jako „výtečná“ nebo „výborná“ apod.) – terminologie používaná k vyjadřování kvality štěpnosti je velmi rozkolísaná (a to nejen v češtině). Určování stupně štěpnosti je velmi subjektivní a z toho plynou značné rozdíly v hodnocení této fyzikální vlastnosti u jednotlivých minerálů.



Obr. 2.72. Dokonalá štěpnost muskovitu podle pinakoidu (a), galenitu podle hexaedru (b) a kalcitu podle klence (c).

Při porušení soudržnosti krystalické látky, v jejíž struktuře nejsou žádná výrazná minima soudržnosti, nevznikají plochy štěpnosti, ale tvoří se lomné plochy. K lomu dochází i u štěpných minerálů, ale čím je štěpnost minerálu lepší a čím je počet různě orientovaných ploch štěpnosti větší, tím jsou lomné plochy vzácnější. Např. u kalcitu, který je dokonale štěpný podle klence (viz obr. 2.72c), se lomné plochy objevují jen zcela výjimečně. Podle tvaru lomných ploch lze rozlišit tři hlavní druhy lomu:

a) lasturnatý lom, jenž je v typické podobě vyvinut u opálu (lasturnatý lom je charakteristický i pro některá vulkanická skla – např. obsidián);

b) rovný lom mají např. některé odrůdy chalcedonu;

c) nerovný lom lze pozorovat např. na pyritu (lomné plochy na pyritu jsou přerušovány četnými hrbolky a jamkami).

2.4. Tenacita (tuhost, kvalita soudržnosti)

U minerálů zkusíme projevy tenacity úderem (např. kladívkem) a mechanickým namáháním na ohyb.

Při úderu se některé nerosty deformují bez porušení soudržnosti tak, že je lze postupně roztepat až na plíšek. Takové nerosty se označují jako kujné. Kujnost je vlastností většiny ryzích kovů a výjimečně se objevuje i u sulfidů (argentit). Nerosty, které se při úderu rozpadají na prášek a nerozstříkují se při tom, označujeme jako jemné. K jemným nerostům patří např. sádrovec, grafit, mastek a slídy. Nerosty, které se při úderu rozpadají na prudce se rozstříkující (rozlétající) úlomky, označujeme jako křehké neboli kruché. Ke křehkým (kruchým) nerostům patří např. křemen, baryt, kalcit a pyrit.

Při ohýbání lupínek nebo destiček minerálů mohou nastat tři možnosti. Lupínky některých minerálů (např. lupínky vyštípnuté z krystalu sádrovce) jsou křehké a při ohýbání se lámou. Lupínky některých minerálů (např. slíd) jsou pružné, což znamená, že přestane-li působit síla vyvolávající jejich ohyb, získávají svůj původní tvar. Lupínky některých minerálů (např. mastku nebo chloritů) jsou ohébné, což znamená, že lupínky zůstávají ohnuté i potom, co přestala působit síla, která vyvolala jejich ohyb.

2.5. Tvrdost

Tvrdostí v mineralogii rozumíme odpor nerostu vůči vnikání cizího tělesa bez vzniku lomu. Tvrdost minerálu závisí zejména na jeho struktuře – na povaze vazeb, na velikosti meziatomových vzdáleností, na valenci a těsnosti směštnání iontů nebo atomů; tvrdost je výrazně ovlivňována poruchami v krystalové struktuře.

K určení tvrdosti se tradičně používá Mohsova stupnice tvrdosti. Při určování tvrdosti pomocí této stupnice se využívá skutečnosti, že tvrdší minerál rýpe do hladkého povrchu minerálu měkčího a že tomu nikdy není naopak. Mohs zkusmo vybral deset relativně běžných minerálů tak, aby každý následující v řadě rýpal do předchozího, ale sám se předchozím rýpat nedal. Mohsova stupnice tvrdosti se skládá z těchto minerálů:

1. mastek	4. fluorit	7. křemen	10. diamant
2. halit	5. apatit	8. topaz	
3. kalcit	6. ortoklas	9. korund	

(V původní Mohsem navržené stupnici byl místo halitu použit sádrovec, jehož tvrdost je ve srovnání s halitem zpravidla poněkud nižší.)

Tvrdost nerostu zjišťujeme pokud možno na hladké ploše, do níž škrábeme minerály ze stupnice. Jestliže například lze do plochy zkoumaného nerostu rýpat ortoklasem (a samozřejmě za ním následujícími členy Mohsovy stupnice), avšak apatit na jeho ploše rýhy nezanechává, je tvrdost tohoto nerostu zhruba 5,5. Vzhledem k tomu, že tvrdost nerostu závisí na směru, lze v některých případech zjistit v různých směrech výrazně rozdílné hodnoty – např. na ploše (100) krystalu kyanitu lze ve směru krystalografické osy *y* zjistit tvrdost 6, avšak ve směru krystalografické osy *z* pouze tvrdost 4. Tvrdost označujeme písmenem T.

Pokud nemáme k dispozici Mohsovu stupnici tvrdosti, lze tvrdost minerálu přibližně určit pomocí jiných prostředků. Například nehtem lze rýpat nerosty s tvrdostí přibližně do 2.

stupně, měděným drátem do 3. stupně, hřebíkem nebo nožem do 5. stupně, ocelovým pilníkem do 6. stupně; nerosty s tvrdostí nad 6 rýpou do skla.

V současnosti se provádí měření tvrdosti přístroji zvanými tvrdoměry (sklerometry) a zejména pomocí mikrotvrdoměrů (mikrosklerometrů). Tvrdost měřená mikrotvrdoměry se nazývá mikrotvrdost.

Nejčastěji používané mikrotvrdoměry jsou v podstatě speciálně upravené mikroskopy, které jsou vybavené diamantovým indentorem. Indentor je z diamantu vybroušená pyramida s obvykle čtvercovou základnou, která je v přístroji zabudována tak, že její základna je nahoře a její vrchol směřuje dolů. Při měření mikrotvrdosti se vrchol diamantové pyramidy opatrně spustí na vybroušenou a vyleštěnou plochu měřeného vzorku a potom se pod tlakem závaží o vhodné hmotnosti (obvykle 100 g) po dobu 15 sekund zatlačuje do vzorku. V měřeném vzorku se takto vytvoří „vtisk“ tvaru obrácené pyramidy, jehož velikost při konstantní hmotnosti závaží závisí na mikrotvrdosti minerálu (čím je mikrotvrdost menší, tím je velikost vtisku větší). Velikost vtisku se měří pomocí mikrometru ve speciálně upraveném okuláru mikroskopu. Hodnoty mikrotvrdosti se uvádějí v MPa (dříve byly udávány v kp/mm^2).

2.6. Hustota

Hustotu minerálu lze definovat jako číslo, které udává kolikrát je určitý objem minerálu těžší než stejný objem destilované vody při 4 °C (tj. při teplotě, kdy má voda maximální hustotu, která odpovídá 1 g/cm^3). V mineralogii hustotu nejčastěji označujeme písmenem *h*. Většina horninotvorných minerálů má hustoty v rozpětí 2,5–3,5; rudní minerály mají hustoty většinou v intervalu 4–7,5.

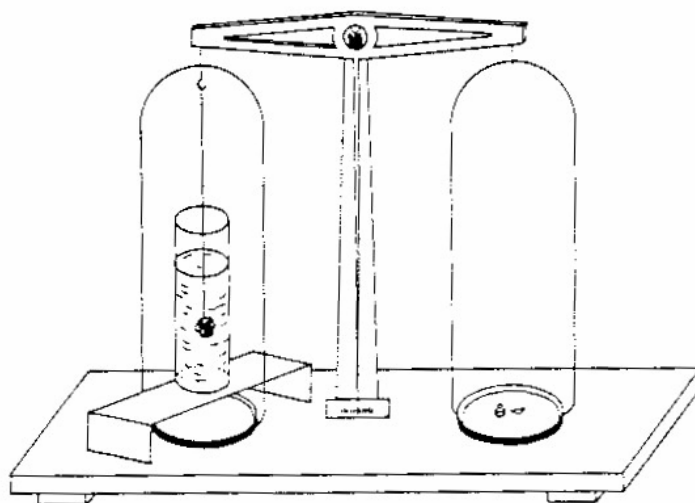
Hustota minerálů závisí na jejich chemickém složení a struktuře. Hustota minerálů obecně vzrůstá s obsahem prvků o vysoké atomové hmotnosti (obzvláště olova, rtuti, stříbra apod.); relativně velmi nízkou hustotu mají minerály obsahující vodu. U polymorfních (alotropických) modifikací bývá hustota různá, což je způsobeno jejich rozdílnou strukturou (např. hustota grafitu je 2,1–2,3, hustota diamantu je 3,5). Minerály, jejichž chemické složení je v podstatě konstantní (např. diamant, křemen), mají v podstatě konstantní hustotu; hustota minerálů, jejichž chemické složení je díky izomorfnímu zastupování velmi variabilní, se mění podle kvantitativního poměru zastupujících se prvků (např. v souvislé řadě forsterit $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ – fayalit $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ hustota plynule roste od 3,2 do 4,4). Podle hustoty se minerály často dělí do dvou skupin: na lehké minerály ($h < 2,95$) a těžké minerály ($h > 2,95$).

Ke stanovení hustoty minerálů lze použít několika relativně velmi jednoduchých metod:

Hustotu relativně větších úlomků nerostu lze velmi jednoduchým způsobem určit pomocí vah a odměrného válce vhodných rozměrů (tzv. volumetrickou metodou). Chceme-li například zjistit hustotu většího kusu žilného křemene, rozbijeme jej na úlomky o velikosti nepřesahující 1 cm. Vybereme několik větších úlomků (bez uzavřenin cizích nerostů!) a zjistíme jejich hmotnost (např. 30,7 g). Vzhledem k rozměru úlomků zvolíme odměrný válec o objemu 200 ml a naplníme jej po rysku 100 ml vodou. Zvážené úlomky křemene vložíme do válce a zjistíme, že v našem případě voda vystoupila na hodnotu 112 ml. Objem křemenných úlomků je tedy 12 cm^3 . Hustota minerálu je rovna hmotnosti úlomků dělené jejich objemem, což je v našem případě zhruba $2,5 \text{ g/cm}^3$. (Při určování hustoty touto metodou mohou být vlivem vzduchových bublinek na povrchu úlomků nerostu zjištěny nepatrně nižší hustoty – bublinky je vhodné odstranit jemným zatřepáním odměrným válcem.)

Velmi rychle lze hustotu minerálu stanovit hydrostatickou metodou. Ke zjištění objemu úlomku nerostu tato metoda využívá Archimédova zákona („těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná hmotnosti kapaliny tělesem vytlačené“). Měření se provádí na hydrostatických vahách, které lze snadno získat jednoduchou úpravou laboratorních vah (obr. 2.73). Na háček nad levou miskou vahadla zavěsíme na niti připevněný malý drátěný košíček, do nějž se vkládá úlomek nerostu. Prázdný košíček nejprve vyvážíme přidáním vhodného závaží na pravou misku vah. Potom do košíčku vložíme úlomek nerostu a zjistíme

jeho hmotnost (m). Levou rukou zasuneme do prostoru nad levou miskou kádinku s vodou tak, aby spodní část košíčku s úlomkem minerálu byla ponořena ve vodě – snížením hmotnosti závaží na pravé misce váhy vyvážíme. Rozdíl v hmotnosti způsobený nadlehčením úlomku minerálu ve vodě udává objem úlomku minerálu (V) – zjištěný rozdíl hmotnosti v gramech odpovídá objemu v cm^3 , neboť hustota vody je 1 g/cm^3 (při $20 \text{ }^\circ\text{C}$ má voda hustotu $0,998 \text{ g/cm}^3$). Hustota minerálu se vypočte podle vzorce $h = m : V$. Pro měření hustoty minerálů hydrostatickou metodou je vhodné zhotovit můstek (např. z překližky), který se umístí nad levou misku a na nějž je možno postavit kádinku s vodou. Přesnost výsledků snižují vzduchové bublinky na úlomku nerostu (lze je odstranit jeho zatřepáním apod.). Dalším zdrojem nepřesností je skutečnost, že zjištěný objem úlomku je zvýšen o objem drátku tvořícího ponořenou část košíčku (vypočtená hustota je potom nižší). Pokud to morfologie úlomku umožňuje, je výhodnější tento úlomek nekládat do drátěného košíčku, ale přivázat jej na tenkou nit a zavěsit na háček nad miskou. (Pomocí hydrostatické metody lze velmi snadno rozlišit např. prstýnky zhotovené ze zlata nebo stříbra od prstýnků vyrobených z jim barevně podobných materiálů.)



Obr. 2.73. Hydrostatické váhy.

Velmi přesně lze hustotu minerálu změřit pyknometrickou metodou. K měření potřebujeme pyknometr (pyknometr je skleněná lahvička se zabroušenou a svisle provrtanou zátkou; pomocí pyknometru lze velmi přesně odměřit vždy stejný objem kapaliny), dostatečně přesné váhy, drobné úlomky nerostu a vodu. Postup je následující:

- 1) zvážíme prázdný pyknometr – zjistíme hmotnost A ,
- 2) do pyknometru vpravíme úlomky studovaného minerálu a zvážíme jej – zjistíme hmotnost B ,
- 3) pyknometr s úlomky minerálu naplníme vodou přesně do horní úrovně zátky a zvážíme jej – zjistíme hmotnost C ,
- 4) pyknometr vyprázdníme, vyčistíme, naplníme jej vodou přesně do horní úrovně zátky a zvážíme jej – zjistíme hmotnost D .

Hustotu minerálu vypočteme podle vzorce $h = (B-A) : (D-C+B-A)$, neboť $B-A$ je hmotnost minerálu a $D-C+B-A$ udává jeho objem. Podobně jako při zjišťování hustoty v odměrném válci mohou být výsledky nepříznivě ovlivněny drobnými bublinkami vzduchu.

Hustotu drobných zrněk nerostů lze určit suspenzační metodou. Princip této metody je založen na tom, že pevná tělesa se v kapalině o stejné hustotě vznášejí (jsou suspendována), v kapalině nižší hustoty klesají ke dnu a v případě vyšší hustoty kapaliny plavou na její hladině. Pomocí sady kapalin o různé, ale známé hustotě lze tedy stanovit hustotu i drobného zrnka nerostu, přičemž přesnost stanovení je dána rozdílem v hustotě dvou sousedních kapalin použité sady. Pokud budeme mít dvě navzájem mísitelné kapaliny, z nichž jedna má nižší hustotu než zkoumaný minerál a druhá má vyšší hustotu, lze jejich mísením získat kapalinu o hustotě shodné s hustotou minerálu (minerál se v této kapalině bude volně vznášet); nyní stačí hustotu této kapaliny přesně změřit (např. pomocí pyknometru o známém objemu nebo pomocí Mohr-Westfalových vah). Použitelnost suspenzační metody je omezena neexistencí vhodných kapalin s hustotou nad 4 g/cm^3 ; nevýhodou je i značná toxicita některých užívaných kapalin.

2.7. Magnetismus

Ve všech látkách (a tedy i v minerálech) se v magnetickém poli indukuje určitý magnetický moment, jenž je přímo úměrný intenzitě magnetického pole působícího na danou látku. Podle toho, jak mohutně magnetické pole na látku působí, lze látky rozdělit na silně magnetické a slabě magnetické.

Silně magnetické látky, zpravidla označované jako feromagnetické látky, zesilují magnetické pole a jsou póly magnetu silně přitahovány. K feromagnetickým minerálům patří například železo, magnetit a pyrrhotin.

Slabě magnetické látky se dělí na diamagnetické a paramagnetické. Diamagnetické látky magnetické pole nepatrně zeslabují a jsou v magnetickém poli slabě odpuzovány. K diamagnetickým minerálům patří např. zlato, stříbro, měď, halit, křemen a topaz (k pozorovatelnému odpuzování diamagnetických minerálů dochází až ve velmi silném magnetickém poli). Paramagnetické látky magnetické pole nepatrně zesilují a jsou v magnetickém poli slabě přitahovány. K paramagnetickým minerálům patří např. siderit, rutil, turmalín a beryl (k prokázání paramagnetických vlastností uvedených minerálů je zapotřebí velmi silného magnetu).

2.8. Piezoelektrina a pyroelektrina

Piezoelektrický jev se objevuje na krystalech náležejících do krystalových oddělení, která nemají střed souměrnosti. Při mechanickém namáhání (stlačování, ohýbání, natahování) piezoelektrického krystalu nebo z něj vhodně vyříznuté destičky dochází k vytvoření nekompensovaného elektrického náboje a elektrického napětí na povrchu krystalu nebo destičky. K piezoelektrickým minerálům patří například trigonální modifikace křemene.

Pyroelektrický jev je stejně jako piezoelektrický jev znám u některých minerálů, jejichž krystaly náležejí do krystalových oddělení bez středu souměrnosti. Ke vzniku pyroelektriny dochází při zahřívání nebo ochlazování pyroelektrického krystalu (např. krystalu skorylu).

2.9. Luminiscence

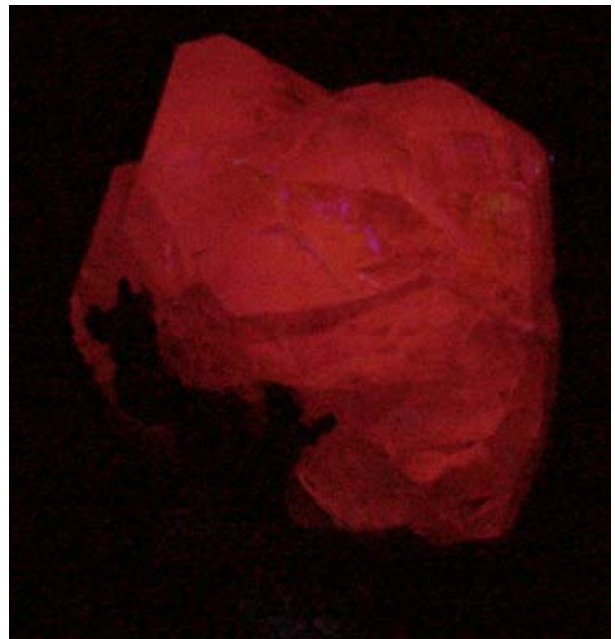
Luminiscence je jev, kdy minerál absorbuje určitou formu energie a pak tuto energii vyzáří v podobě viditelného světla. Podle zdroje energie, která vybudí luminiscenci, se rozlišuje:

- a) triboluminiscence – je vyvolána mechanickým působením (úderem, drcením vzorku, roztíráním vzorku);

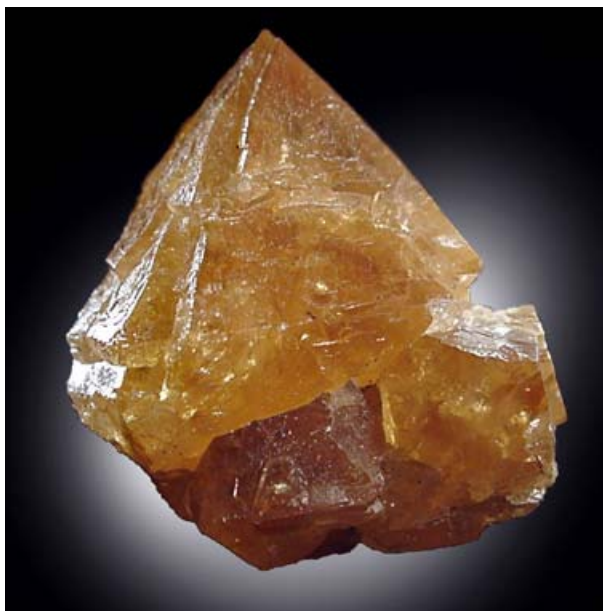
b) termoluminiscence – je vyvolána teplem, nejsilnější je obecně při teplotách 50–100 °C, ustává při teplotách nad 475 °C (při teplotě nad cca 550 °C materiál začíná žhnout červeně);

c) fotoluminiscence – je vyvolána viditelným zářením (světlem) nebo UV-zářením:

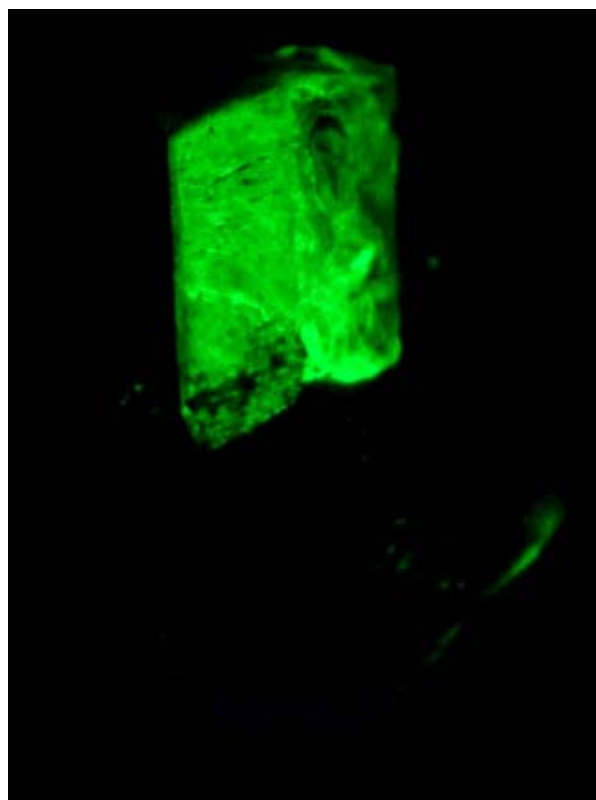
Existují dva typy fotoluminiscence: fluorescence (vyzařování trvá jen po dobu působení budicího záření) a fosforescence (vyzařování pokračuje po určitou dobu po skončení působení budicího záření). Při sledování fotoluminiscence na makrovzorcích je využívána jako zdroj budicího záření obvykle tzv. UV-lampa. Fluorescenci vyvolanou UV-zářením vykazuje např. diamant (diamanty z různých lokalit se mohou lišit luminiscenční barvou), kalcit (obr. 2.74), scheelit (obr. 2.75), willemit (obr. 2.76) nebo fluorit.



Obr. 2.74. Fluorescence kalcitu vybuzená UV-zářením. Foto: John H. Betts.



Obr. 2.75. Fluorescence scheelitu vybuzená UV-zářením. Foto: John H. Betts.



Obr. 2.76. Fluorescence willemitu vybuzená UV-zářením. Foto: John H. Betts.

2.10. Tavitelnost

K přechodu krystalických látek ze skupenství pevného do kapalného dochází při určité teplotě, která se označuje jako bod tání. Bod tání závisí (při konstantním tlaku) na chemickém složení a struktuře minerálu. Empiricky bylo sestaveno několik stupnic tavitelnosti. Jako příklad je zde uvedena Kobellova stupnice, která řadí minerály podle jejich tavitelnosti v plameni dmuchavky:

1. Antimonit – taje velmi lehce (bod tání je 520 °C, proto taje již v plameni svíčky).
2. Natrolit – taje lehce.
3. Almandin – taje obtížněji než natrolit.
4. Aktinolit – tenké třísky tají lehce, silnější obtížněji.
5. Adulár – natavují se jen tenké třísky.
6. Enstatit (bronzit) – obtížně se natavuje jen na nejtenčích hranách.
7. Křemen – vůbec se nenatavuje.

Ve starověku a středověku byla tavitelnost jedním z kritérií pro zařazování minerálů do tehdy používaných mineralogických systémů.

3. Diagnostické znaky založené na chemickém složení minerálů

Stálé chemické složení, vyjádřitelné chemickým vzorcem, je podle definice minerálu charakteristickým rysem každého minerálního druhu. Málokterý nerost však takové definici vyhovuje. Z hlediska chemického složení jsou minerály často velmi složité směsi, které obsahují kromě podstatně zastoupených prvků (jež jsou zpravidla jako jediné uváděny v idealizovaných, zjednodušených vzorcích) i řadu dalších prvků. Tyto další prvky mohou být buď přítomny ve struktuře daného minerálu jako náhrada za část některého z hlavních prvků (izomorfni či diadochní zastupování), nebo může jít o mechanickou příměs drobných pevných inkluzí jiného minerálu, uzavřených v hostitelské minerální fázi (tak např. červený křemen, obsahující jemný hematitový pigment, vykáže při chemickém rozboru obsah železa). Komplexní chemické složení řady minerálů je spojeno i s určitou neselektivitou chemických zkoušek, kdy více minerálů či prvků dává podobnou reakci. Z výše uvedeného zřetelně vyplývá nejednoznačnost determinace, založené jen na jediném určovacím znaku, či jediné chemické zkoušce. Vždy je třeba vyhodnotit co nejvíce determinačních znaků. Vzájemně nezávislé výsledky různých zkoušek nám poskytnou komplexnější pohled a umožní s mnohem větší pravděpodobností správně určit danou přírodninu.

Seznam potřebných chemikálií:

Alizarin (lépe alizarinsulfonan sodný), pevný
Amoniak, koncentrovaný (cca 25% vodný roztok)
Borax (tj. dekahydrát tetraboritanu disodného), pevný
Dusičnan draselný, pevný
Dusičnan kobaltnatý, 10% vodný roztok
Dusičnan stříbrný, 5% vodný roztok
Fosforečnan sodno-amonný kyselý, pevný
Hydroxid draselný, 30% vodný roztok
Chlorid amonný, pevný
Chlorid (či dusičnan) barnatý, 10% vodný roztok
Chlorid železitý, 10% vodný roztok
Chroman draselný, 10% vodný roztok
Jodid draselný, 10% vodný roztok
Kyselina dusičná, koncentrovaná
Kyselina fluorovodíková, koncentrovaná
Kyselina chlorovodíková, 1:1, koncentrovaná
Kyselina sírová, koncentrovaná
Kyselina šťavelová, 10% vodný roztok
Molybdenan amonný, kyselý vodný roztok (5 g molybdenanu amonného rozpustíme ve 100 ml destilované vody a pak smísíme s 35 ml konc. kyseliny dusičné)
Peroxid vodíku, 3% vodný roztok
Síran železnatý heptahydrát, pevný
Uhlíčan sodný bezvodý, pevný
Vápenná či barytová voda (nasycený čirý roztok hydroxidu vápenatého či barnatého)
Zinek kovový, pevný (plech či granule)

3.1. Výběr a příprava materiálu k chemickým zkouškám

Pro stanovení chemických vlastností minerálu je nutno použít čerstvý materiál, pokud možno odebraný z vnitřní části vzorku. Minerál nesmí být znečištěn např. zbytky jílu, prachem, apod. Vyhýbáme se partiím navětralým či jinak přeměněným. Vybraný materiál prohlédneme lupou, je-li homogenní – najdeme-li příměsi či uzavřeniny jiných minerálů, je nutno je nejprve odstranit. Vybraný vzorek je nutno zpravidla předem mechanicky upravit – rozbít kladivem na drobnější částice, příp. rozetřít na jemný prášek. K roztírání minerálu je nejvhodnější achátová třecí miska, misky skleněné či porcelánové jsou méně vhodné (mají nižší tvrdost, tj. dochází k většímu otěru a znečištění minerálu alkáliemi a oxidem hlinitým).

3.2. Žihání minerálu ve zkumavce

Minerál v drobných kouscích či v prášku vneseme do malé zkumavky tak, abychom neznečistili její stěny (nejlépe je použít jednoduché nasypátko - korýtko, vystřižené z přeloženého papíru). Dno zkumavky pak začneme zahřívát v nesvítivém plameni plynového kahanu. Ústí zkumavky musí zůstat chladné, tj. nakloněné mimo plamen. Během zahřívání můžeme pozorovat tyto průvodní jevy:

- 1) kousky minerálu se s praskotem rozstříkují na menší částice (tzv. termodekrepitace). Tento jev je typický pro některé dobře štěpné minerály s nízkou tvrdostí (baryt, kalcit, galenit), obsahujících hojně fluidní inkluze. Zahříváním ve fluidních inkluzích prudce roste vnitřní tlak, který nakonec způsobí roztrhání hostitelského minerálu.
- 2) minerál se žiháním roztaví (u nerostů s velmi nízkou teplotou tání, např. u síry či antimonitu).
- 3) na chladnějších stěnách zkumavky pozorujeme tvorbu sublimátu. Např. u ryzí síry, pyritu či markazitu dochází při zahřívání k sublimaci žlutobílé síry. Cinabarit produkuje při zahřívání elementární rtuť, která se usazuje v podobě stříbrného kovově lesklého povlaku na chladných stěnách zkumavky (tzv. rtuťové zrcátko). Mnohem výrazněji se rtuť vyvíjí, smísíme-li prášek minerálu před vnesením do zkumavky s 2-3násobným množstvím bezvodého uhličitanu sodného.
- 4) na chladnějších stěnách zkumavky pozorujeme kondenzaci vodních par, uvolněných žiháním ze struktury rozpráškovaných vodnatých minerálů. Zde je nutno podotknout, že malé množství vody se uvolní prakticky vždycky (dojde k lehkému zamlžení skla). Je to způsobeno jednak přítomností fyzikálně vázané vody v práškovém vzorku (přirozená vlhkost absorbovaná ze vzduchu), jednak přítomností stopového množství vody adsorpčně vázaného na povrchu skla. Při precizní práci nutno nejprve jak vzorek, tak skleněné nádobí vysušit při 105 °C (při této teplotě však některé hydráty již mohou dehydratovat). Je-li voda podstatnou složkou zkoumané minerální fáze, vytvoří se zřetelně patrné kapičky vody, které se nezhřívají do velké kapky, která může stéct po stěně zkumavky zpět na vzorek (v takovém případě může rozpálená část zkumavky prasknout).

3.3. Žihání minerálu v plameni

Mezi úlomky minerálu vybereme tenkou třísku pokud možno vybíhající do špičky. Úlomek uchopíme do pinzety (nejlépe zkřížené) za širší konec a tenkou špičku vnoříme do nesvítivého plamene plynového kahanu. Protože se mohou uvolňovat škodlivé výpary, doporučuje se pracovat v digestoři! Pozorujeme následující průvodní jevy:

- 1) minerál termodekrepituje (viz kap. 3.2).
- 2) špička třísky se roztaví (u nerostů s velmi nízkou teplotou tání, např. u síry či antimonitu).

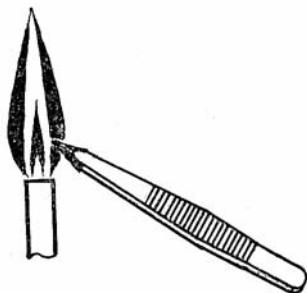
- 3) minerál se netaví, ale mizí (těká) – cinabarit, ryzí arsen.
- 4) minerál začne hořet (síra, pyrit, markazit namodralým plamenem, zároveň cítíme význačný zápach po oxidu siřičitém). Po vysunutí vzorku z plamene a sfouknutí plamene z rozpáleného vzorku stoupá bílý kouř.
- 5) minerál sám nehoří plamenem, ale k rozkladu (oxidaci) dochází, neboť se mění vzhled (změna barvy, lesku, puchnutí) žíhaného vzorku. Po vysunutí vzorku z plamene
 - a) cítíme zápach po oxidu siřičitém (jde o minerál ze skupiny sulfidů)
 - b) cítíme zápach po česneku a zároveň pozorujeme bílý dým (minerál obsahuje arsen)
 - c) cítíme zápach po shnilých ředkvičkách (minerál obsahuje selen)
 - d) necítíme žádný význačný zápach, ani nepozorujeme tvorbu dýmu (jde patrně o karbonát či o minerál obsahující strukturně vázanou vodu)
- 6) minerál se při žíhání znatelně nemění (většina oxidů, síranů, fosforečnanů a silikátů).

3.4. Barvení nesvítivého plamene

Řada prvků význačně barví plamen, těkají-li v záru plamene jeho atomy. Některé nerosty barví plamen již při pouhém vnoření do plamene, jiné je třeba nejprve chemicky narušit a uvolnit z nich barvicí prvky (ovlhčením kyselinou). Nejtěkavější jsou obvykle chloridy kovů, z toho důvodu se zpravidla používá k navlhčení vzorku kyselina chlorovodíková. Při praktickém provedení zkoušky lze postupovat dvojím způsobem. 1) Mezi úlomky minerálu vybereme tenkou třísku pokud možno vybíhající do špičky. Úlomek uchopíme do pinzety (nejlépe zkřížené) za širší konec, eventuálně navlhčíme kyselinou (špičku třísky opatrně namočíme do kapky kyseliny, kterou jsme si připravili na podložní sklíčko. Do kyseliny nesmíme namočit konec pinzety!!!) a vnoříme do spodní části nesvítivého plamene plynového kahanu tak, aby se plamen nedotýkal pinzety, ale jen vzorku. 2) U minerálů, které netvoří tenkých třísek, roztřeme zrnko minerálu v čisté (!) achátové třecí misce na prášek. Vyčištěný platinový drátek (drátek před zkouškou nesmí barvit plamen; čistíme ho opakovaným ponořováním do kyseliny chlorovodíkové a vyžháním) namočíme do kyseliny. Na navlhčený konec drátku nabere z třecí misky prášek minerálu a vneseme do plamene. Část plamene nad vzorkem se charakteristicky zbarví, pokud vzorek obsahoval prvky schopné plamen barvit (tab. 3.1).

Při zkoušce na barvení plamene má velký význam sodík, který barví plamen intenzivně žlutě. Tato reakce je velmi citlivá, a poněvadž sodík je ve stopách přítomen skoro vždycky, překrývá často žluté zbarvení jiné barvy nebo je alespoň zkresluje. Malá příměs sodíku v minerálu při delším žíhání zmizí, tj. žluté zbarvení plamene postupně slábne. Je-li sodík podstatnou složkou minerálu, žluté zbarvení se delším žíháním neodstraní. Jsme-li na pochybách, není-li jiné zbarvení přece jen překryto sodíkem, použijeme jako filtr modré kobaltové sklo, které odfiltruje doplňkovou žlutou barvu produkovaného emisního spektra.

V této souvislosti je třeba upozornit i na možnou kontaminaci sodíkem, dotýkáme-li se vzorků prsty (pot obsahuje stopy NaCl). Rovněž chemikálie a pomůcky musí být dokonale čisté (používáme jen destilovanou vodu a chemikálie čistoty p.a., pinzetu a achátovou misku



Obr. 3.1. Barvení nesvítivého plamene.

před použitím omyjeme destilovanou vodou, platinový drátek čistíme v čisté kyselině). Platinový drátek nelze k plamenným zkouškám použít u minerálů obsahujících síru, olovo, antimon, bismut či arsen (hlavně sulfidy, arzenidy, selenidy). S uvedenými prvky totiž platina vytváří lehce tavitelné slitiny, čímž se drátek ničí (nelze je z drátku již odstranit). V jejich přítomnosti použijeme místo Pt-drátku buď molybdenový drát z klasické žárovky (drží wolframové žhavicí vlákno) nebo v HCl vyčištěnou a vyžíhanou měkkou tuhu z mikrotužky.

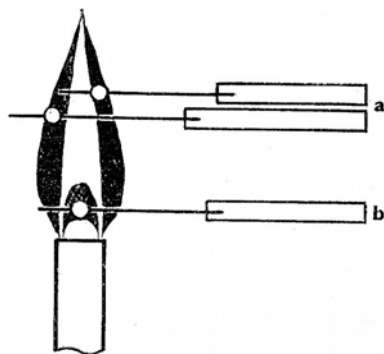
Tab. 3.1. Barvení oxidačního plamene různými prvky.

Prvek	Zbarvení oxidačního plamene	Prvek	Zbarvení oxidačního plamene
As	sině modře	Mo	žlutozeleně
B	modrozeleně	Na	sytě žlutě
Ba	žlutozeleně	P	sině zeleně
Ca	oranžově až cihlově červeně	Pb	sině zeleně
Cu	zeleně (po ovlhčení HNO ₃)	Sb	velmi slabě zeleně
	blankytně modře (s HCl)	Se	chrpově modře
Cs	modrofialově	Sr	karmínově červeně
K	fialově	Te	modrozeleně
Li	karmínově červeně	Tl	zeleně

3.5. Důkaz kovů perličkami

Boraxové sklo či sklo z fosforečné soli v sobě rozpouštějí oxidy některých kovů, přičemž se význačně zabarvují. Boraxové sklo (Na₂B₄O₇) vzniká dehydratací a následným roztavením boraxu (Na₂B₄O₇ · 10 H₂O). Sklo z fosforečné soli (o složení NaPO₃) vzniká tavením kyselého fosforečnanu sodno-amonného (NH₄ Na HPO₄ · 4 H₂O).

Zkoušky provádíme na platinovém drátku (obr. 3.2). Vyčištěný Pt-drátek nahřejeme v plameni kahanu a horký konec drátku ponoříme do boraxu či fosforečné soli, které jsme si připravili na hodinové sklo. Přichycenou sůl vneseme na drátku do oxidačního (nesvítivého) plamene. Obě látky tají za silného nadýmání v bezbarvou taveninu, která vytvoří na drátku kapku (perličku) o velikosti cca 1 mm. Je-li kapka menší, přidáme novou dávku soli. Na perličku pak přichytíme malé množství (!) prášku zkoumaného minerálu a vneseme znovu do plamene. Vzorek se v perličce rozpustí a zabarví ji. Dáme-li vzorku příliš mnoho, je zbarvení příliš tmavé a odstín nejasný. Zkoušku musíme opakovat. Lze postupovat i tak, že roztavenou „přesycenou“ perličku sklepneme na plechový podnos a na zbytku ulpělém na drátku vytvoříme perličku novou. Charakter zbarvení pozorujeme za horka i po vychladnutí (mohou být rozdílné, viz tab. 3.2 a 3.3). Oxidační perličku pak redukujeme (plamen kahanu buď upravíme na redukční, svítivý, nebo perličku vnoříme do vnitřního svítivého kužele plamene, obr. 3.2). Perličku v redukčním plameni znovu roztavíme a opět pozorujeme její barvu za horka a po vychladnutí (tab. 3.2 a 3.3).



Obr. 3.2. Perličkové zkoušky. a - oxidační, b - redukční.

Perličku po ukončení zkoušky znovu roztavíme v plameni a sklepeme z drátku. Drátek je pak nutno před zkoušením dalšího vzorku vyčistit, nejlépe tak, že na něm uděláme několik perliček z čistého boraxu (resp. fosforečné soli). Až jsou perličky bezbarvé, je drátek vyčištěn a je možno ho použít pro další zkoušku. Po ukončení práce drátek vyčistíme střídavým žiháním a ponořováním do čisté kyseliny. To opakujeme tak dlouho, až již drátek nebarví plamen sodíkem nažluto. Stejně jako u barvení plamene, platinového drátku nelze použít za přítomnosti těkavých těžkých kovů!

Tab. 3.2. Zbarvení boraxových perliček.

Prvek	Barva v oxidačním plameni		Barva v redukčním plameni	
	zahorka	po vychladnutí	zahorka	po vychladnutí
chrom	žlutá až temně červená	žlutozelená až zelená	smaragdově zelená	
kobalt	temně modrá		temně modrá	
měď	zelená až temně zelená	modrá až zelenomodrá	bezbarvá až zelená	červená neprůhledná
železo	žlutá až červená	bezbarvá až žlutá	světle hnědozelená	hnědozelená
mangan	fialová	fialově červená až černá	bezbarvá	bezbarvá až nažloutlá
molybden	žlutá až temně červená	bezbarvá	žlutá až hnědá	hnědá až temně hnědá
nikl	červenofialová	červenohnědá	bezbarvá	šedá a zakalená
titan	bezbarvá až žlutá	bezbarvá	bezbarvá až žlutá	žlutohnědá
uran	žlutá až červená	bezbarvá až žlutá	temně zelená	
vanad	bezbarvá až nažloutlá	zelenavě žlutá	nahnědlá	zelená
wolfram	bezbarvá až žlutá	bezbarvá	bezbarvá až žlutá	žlutohnědá

Tab. 3.3. Zbarvení fosforečných perliček.

Prvek	Barva v oxidačním plameni		Barva v redukčním plameni	
	zahorka	po vychladnutí	zahorka	po vychladnutí
chrom	červená	smaragdově zelená	červená	tmavozelená
kobalt	temně modrá		temně modrá	
měď	zelená	modrá až zelenomodrá	bezbarvá až zelená	červená neprůhledná
železo	žlutočervená	bezbarvá až zelenožlutá	žlutá až červená	bezbarvá až nahnědlá
mangan	hnědofialová	červenofialová	bezbarvá	
molybden	žlutozelená	bezbarvá	tmavozelená	zelená
nikl	červená až hnědočervená	žlutá až červenožlutá	bezbarvá	šedá a zakalená
titan	bezbarvá až žlutá	bezbarvá	žlutá	fialová
uran	žlutá	zelenožlutá	zelená	smaragdově zelená
vanad	žlutá až oranžově žlutá	světle žlutá	nahnědlá	zelená
wolfram	bezbarvá až žlutá	bezbarvá	špinavě zelená	modrá

3.6. Rozpustnost minerálů ve vodě

Drobný úlomek či jemný prášek nerostu vložíme do zkumavky a přelijeme několika mililitry destilované vody. Rozpustnost zkusíme nejprve za studena, posléze za tepla (zahřátím obsahu zkumavky nad plamenem kahanu k varu). Minerály ve vodě rozpustné se rozpustí, minerály ve vodě nerozpustné se nerozpustí. U minerálů rozpustných (chloridy, sírany, dusičnany) a částečně rozpustných (sádrovec, anhydrit, polyhalit, aj...) lze v odfiltrovaném roztoku dokázat rozpuštěné složky vhodnou chemickou reakcí (např. chloridy se sráží po přidavku roztoku dusičnanu stříbrného jako bílá sraženina chloridu stříbrného, sírany se sráží z HCl okyseleného filtrátu po přidavku chloridu barnatého jako bílá sraženina síranu barnatého). Většina minerálů je ovšem ve vodě nerozpustná.

3.7. Rozložitelnost minerálů v kyselinách

Minerály nerozpustné ve vodě rozkládáme v kyselinách, zejména v kyselině chlorovodíkové, dusičné či fluorovodíkové. Nejprve vložíme do zkumavky úlomek minerálu (resp. jeho prášek) a pak přilijeme kyselinu. Nejprve zkusíme zředěnou kyselinu za studena a při zahřátí, pak koncentrovanou kyselinou (opět za studena a po zahřátí).

Při reakci *se zředěnou kyselinou chlorovodíkovou* můžeme pozorovat následující průvodní jevy:

- 1) minerál se v kyselině rozpouští bez šumění na čirý či zbarvený roztok (soli rozpustné ve vodě, magnetit, limonit, apatit).
- 2) minerál se v kyselině rozkládá bez šumění, ale zůstává pevný - práškový či gelovitý - zbytek (takto reagují některé silikáty, olivín, foidy, některé zeolity; v pevném stavu se vylučuje kyselina křemičitá).
- 3) minerál se v kyselině rozkládá za intenzivního šumění (unikají četné bublinky plynu) a přítom
 - a) je cítit zápach po shnilých vejcích (uniká sirovodík) - takto reagují některé sulfidy (galenit, pyrhotin, antimonit)
 - b) je cítit zápach po SAVU (uniká chlor) - takto reagují oxidy manganu
 - c) není cítit žádný zápach (uniká oxid uhličitý) - takto reagují karbonáty (šumí již za studena – kalcit, aragonit; po zahřátí – dolomit, ankerit, magnezit, siderit, rodochrozit).
- 4) minerál se v kyselině nerozkládá (pyrit, rumělka, většina oxidů a silikátů).

Při reakci v HCl-nerozpustných minerálů *s koncentrovanou kyselinou dusičnou* můžeme pozorovat následující průvodní jevy (pracujeme v digestoři!):

- 1) minerál se v kyselině rozpouští bez šumění na čirý či zbarvený roztok (např. apatit).
- 2) minerál se v kyselině rozkládá za intenzivního šumění (zvláště po zahřátí) na čirý či zbarvený roztok (téměř všechny sulfidy a ryzí kovy). Známkou probíhajícího rozkladu je produkce hnědých oxidů dusíku v prostoru nad reakční kapalinou. Roztok je někdy zakalen vyloučenou sírou nebo sraženinou nerozpustných oxidů W, Sn či Mo.
- 3) minerál se v kyselině nerozkládá ani za studena, ani po zahřátí (nedochází k produkci oxidů dusíku; většina silikátů, grafit, řada oxidů).

Nerozpustné silikáty a některé oxidy můžeme rozkládat v kyselině fluorovodíkové (pracovat pouze v digestoři!). Rozpráškovaný minerál vložíme do polyetylenové či lépe teflonové nádoby (nelze použít sklo!!!) a zalijeme přebytkem koncentrované HF. Roztok necháme odpařit na vodní lázni do sucha. Poté znovu zalijeme HF a necháme odpařit.

Minerály ze skupiny SiO_2 nezanechávají po několikerém odkouření žádný patrný pevný zbytek, zatímco minerály obsahující vedle křemíku i další prvky (hliník, alkálie, vápník, hořčík, železo, aj.) zanechávají bílý zbytek fluoridů (či fluorokřemičitanů). Odparek je možno použít k důkazu těchto prvků (plamenné zkoušky, specifické důkazní reakce na mokré cestě).

3.8. Rozklad minerálů tavením se sodou

V kyselinách nerozpustné minerály (sírany, oxidy, silikáty) můžeme rozkládat pomocí tavení s bezvodým uhličitánem sodným. Rozpraškovany minerál v třecí misce dokonale promísíme s 3-4 násobným přebytkem tavidla (bezvodého uhličitánu sodného). Směs pak vytavíme v platinovém kelímku nebo (po částech) na platinovém drátku. Tavením se převádějí nerozpustné silikáty kovů na kyselinou snadno rozložitelné uhličitany. Důkladně protavený materiál pak po vychladnutí rozpouštíme v kyselinách či ve vodě a ve výluzích pak pomocí vhodných činidel pátráme po přítomnosti určitých kationtů či aniontů.

Bylo-li protavení dokonalé, pak při rozpouštění taveniny *ve vodě* může dojít k následujícím situacím:

- 1) tavenina se (za případného zahřátí) zcela bezzbytku rozpustí (vzorek byl tvořen minerálem ze skupiny SiO_2).
- 2) tavenina se rozpustí jen zčásti, zůstává nerozpuštěný pevný zbytek (vzorek byl tvořen ostatními oxidy, silikáty, fosfáty, sírany). Nerozpuštěný zbytek odfiltrujeme a důkladně promyjeme destilovanou vodou. Ve filtrátu jsou obsaženy Al, P, Si, SO_4^{2-} a alkálie z původního vzorku a jejich přítomnost můžeme dokazovat vhodnými chemickými reakcemi. Nerozpuštěný pevný podíl na filtru zkusíme rozložit ve zředěné HCl:
 - a) pevný zbytek se zcela rozpustí (u většiny minerálů, v takto vzniklém roztoku můžeme dokázat přítomnost Fe, Mg, Ca, Mn, Ba, Sr).
 - b) pevný zbytek se nerozpustí (buď nebylo protavení dokonalé, nebo jde o minerál nerozložitelný tavením se sodou).

Bylo-li protavení dokonalé, pak při rozpouštění taveniny *ve zředěné HCl* může dojít k následujícím situacím:

- 1) tavenina se (za případného zahřátí) zcela bezzbytku rozpustí na bezbarvý či barevný roztok (vzorek je tvořen některým karbonátem, fluoritem, magnetitem, či hematitem).
- 2) tavenina se rozpustí jen zčásti, zůstává nerozpuštěný pevný zbytek (vzorek byl tvořen minerálem ze skupiny SiO_2 , silikáty, fosfáty, sírany, nebo jde o minerál nerozložitelný tavením se sodou). Objemný rosolovitý gel kyseliny křemičité přitom dávají minerály ze skupiny SiO_2 a některé silikáty, bílou práškovitou sraženinu poskytují sírany, fosfáty a také některé silikáty.

3.9. Rozlišovací zkoušky

Rozlišovacích zkoušek používáme tehdy, je-li potřeba odlišit polymorfní modifikace téže hmoty (např. pyrit-markazit, kalcit-aragonit) či chemicky i morfologicky příbuzné minerály (karbonáty).

Pyrit-markazit

1. Prášek minerálu povaříme v koncentrované kyselině dusičné. Pyrit se rozpustí beze zbytku, kdežto markazit zanechává běložluté chuchvalce nerozpuštěné síry, plovoucí na hladině roztoku.

2. Hrubý prášek nerostu protřepáváme s 3% peroxidem vodíku. Za přítomnosti markazitu nastává silná reakce (šumění) a kapalina se zakalí vyloučenou sírou. Pyrit nereaguje nebo jen nepatrně.

Kalcit-aragonit

1. Povaříme-li prášek zkoumaného minerálu 1-2 minuty v roztoku dusičnanu kobaltnatého, zbarví se aragonit tmavě modře, kdežto kalcit zůstane nezbarven.
2. Protřepáváme-li prášek minerálu s čerstvě připraveným roztokem síranu železnatého, vytvoří se za přítomnosti aragonitu ihned tmavozelená sraženina hydroxidu železnatého. Za přítomnosti kalcitu dojde nejvýše ke slabému zhnědnutí roztoku.

Kalcit-dolomit

1. Ve studené zředěné kyselině chlorovodíkové se kalcit prudce rozkládá již za studena, kdežto dolomit až po zahřátí na min. 60 °C. Za pokojové teploty dolomit šumí jen nepatrně.
2. Protřepáváním prášku nerostu s 10% roztokem chloridu železitého dochází u kalcitu po chvíli k vyloučení hnědé sraženiny hydroxidu železitého. U dolomitu reakce nenastane.

Rozlišování karbonátů barvením

V důsledku nestejně bazicity povrchu jednotlivých karbonátů mají tyto různou schopnost adsorbovat organické barvivo alizarin (příp. ve vodě lépe rozpustný alizarinsulfonan sodný) za vzniku význačného zbarvení. Na špičku nože činidla rozpustíme v asi 5% roztoku kyseliny chlorovodíkové a do tohoto roztoku ponoříme na 10 sekund zkoumaný kusový vzorek. Pak vzorek vytáhneme, a necháme jej oschnout. Kalcit a aragonit se zbarví fialově, kdežto dolomit, siderit a magnezit zůstanou nezbarveny. Metodu je možno použít i na hrubé (nenaleštěné) řezné ploše, příp. odkrytém výbrusu.

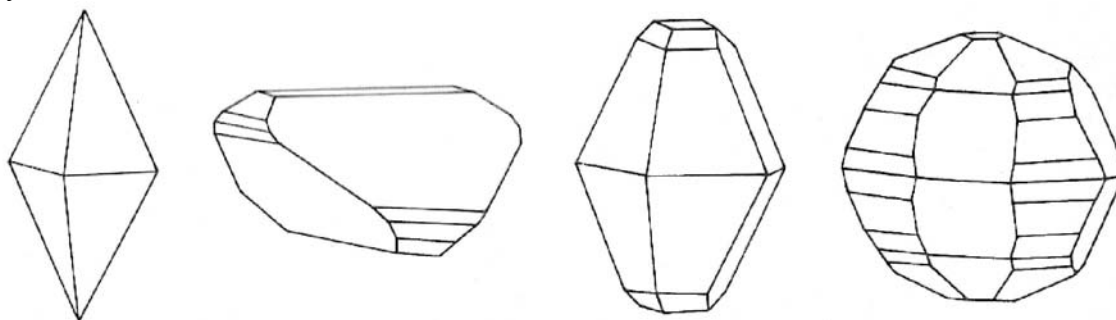
4. Determinační znaky vybraných minerálů

Následující přehled obsahuje charakteristiku cca 40 vybraných minerálů z pohledu jejich fyzikálních a chemických determinačních vlastností. Výběr minerálů zahrnuje pouze nejdůležitější zástupce, jejichž praktická znalost je vyžadována na cvičeních z mineralogie na PřF UP. Charakteristiku nezařazených minerálů najde zájemce ve specializované literatuře.

4.1. Prvky

Síra

- Soustava romboická. Krystaly dipyramidální, tlustě tabulkovité, disfenoidické, často v bohatých drúzách.



Obr. 4.1. Krystaly romboické (α) síry.

- Agregáty zrnité, celistvé, kusové, práškovité, zemité, krápníčkovité, ledvinité.
- Chemické složení: S, příměsi: Se, Te
- Fyzikální vlastnosti: barva obvykle sírově žlutá až šedá (příměs jílu), někdy až oranžová či hnědá, lesk skelný, mastný, na krystalových plochách až diamantový, bez zřetelné štěpnosti, nízká tvrdost ($T = 2$), nízká hustota ($h = 2,1$). Průhledná, průsvitná i neprůhledná. Specifický sirný zápach.
- Chemický důkaz: varem s koncentrovanou kyselinou dusičnou se částečně rozkládá, při tom vzniká kyselina sírová (po zředění roztoku a přidavku vodného roztoku chloridu či dusičnanu barnatého vzniká bílá sraženina). Zahříváním ve zkumavce snadno taje ($119\text{ }^{\circ}\text{C}$) a sublimuje. Zapálená hoří modravým plamenem, při tom vzniká ostře čpící oxid siřičitý. Rozpustná v některých organických rozpouštědlech (sirouhlík, toluen, éter).
- Minerální asociace: síra vulkanického původu je v asociaci s vulkanickými horninami (zejm. andezity a jejich tufy, často silně rozložené kyselinou sírovou vznikající oxidací síry či sirných plynů), sádrovcem aj. sírany, pyritem, realgarem, aj. Síra v sedimentech asociuje s karbonáty (kalcit, aragonit), sírany (baryt, celestin, sádrovec), křemenem, opálem, uhlovodíky.
- Podobné minerály: barevně podobný může být zemitý limonit.

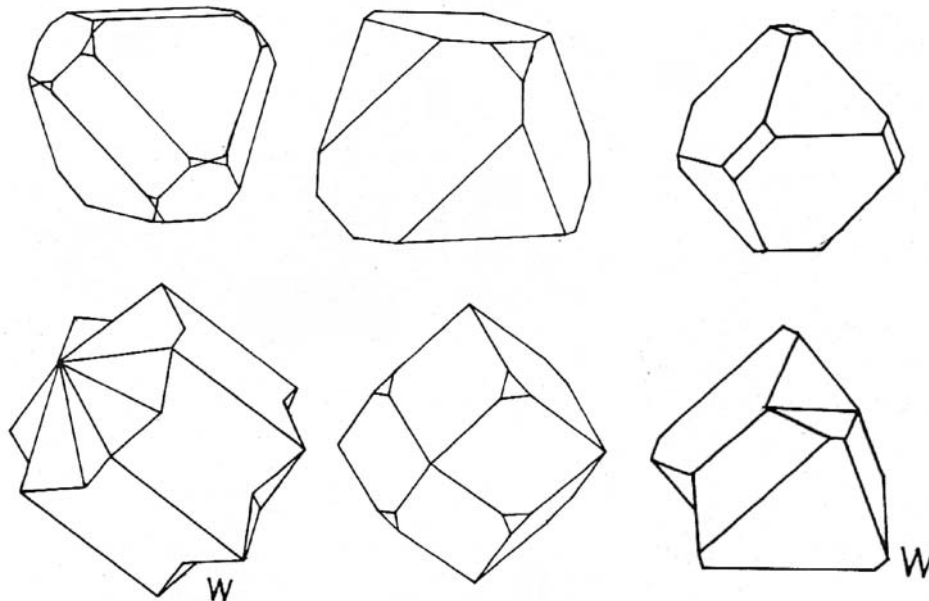
Grafit (tuha)

- Soustava hexagonální. Krystaly poměrně vzácné, šestiboké tabulky.
- Agregáty lupenité, lístkovité, častěji však celistvé, kusové, či práškovité.
- Chemické složení: C
- Fyzikální vlastnosti: černá či černošedá barva, kovový lesk, výborný vodič tepla a elektřiny. Dokonalá štěpnost podle bazálního pinakoidu $\{0001\}$, tj. podle jednoho systému rovin. Nízká hustota (2,25), nízká tvrdost ($T = 1$), otírá se o prsty, píše po papíře, na omak se zdá být mastný (díky hladkému povrchu). Neprůhledný.
- Chemický důkaz: chemicky velmi odolný, kyselinami se neporušuje. Silným zahříváním s dusičnanem draselným (či sodným) v kovovém kelímku (skleněná zkumavka může prasknout nebo se protavit) se vznítí a shoří. Při reakci vzniká uhličitan draselný (sodný). Po přelítí vychladlé taveniny zředěnou HCl dochází k vývoji CO_2 (šumění).
- Minerální asociace: grafit je typický minerál parametamorfovaných hornin (fylity, svory, pararuly). Často je v asociaci s pyritem, resp. produkty jeho zvětrávání (limonit, sádrovec, jarosit).
- Podobné minerály: barvou a tvarem krystalů či agregátů je grafit podobný molybdenitu (ten má barvu více do modra, vysokou hustotu, a vyskytuje se ve vysokoteplotních hydrotermálních asociacích). Barevně je dále grafit podobný galenitu či antimonitu, od nichž se však bezpečně odliší podle nižší tvrdosti, jiného tvaru agregátů či štěpností pouze v jednom směru).

4.2. Sulfidy

Sfalerit

- Soustava kubická. Krystaly tvaru tetraedru, oktaedru, často hojnoploché spojky, dvojčatné srůsty, prorostlice.
- Agregáty zrnité, kusové, celistvé.

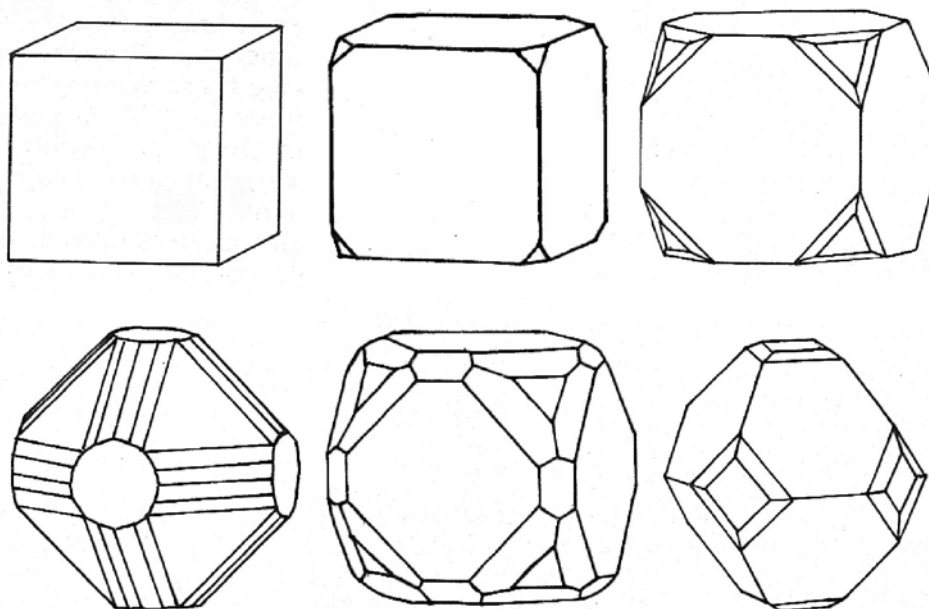


Obr. 4.2. Krystaly sfaleritu. W označeny dvojčatné srůsty.

- Chemické složení: ZnS, často významné příměsi Fe (až 25 %), Mn (výjimečně až 14 %), Cd (výjimečně až 17 %), Hg (výjimečně až 15 %), dále Ga, In, Ge, Tl
- Fyzikální vlastnosti: barva různá v závislosti na chemickém složení (čistý ZnS je bezbarvý či bílý, s rostoucí příměsí železa se barva mění přes žlutou, hnědožlutou, hnědou, zelenohnědou, hnědočernou až po černou). Vzácně i červený. Dokonale štěpný dle romboického dodekaedru {110}, tj. na každém krystalu či zrně lze najít 6 různě orientovaných systémů štěpných ploch. Světle zbarvené sfalerity jsou průhledné či alespoň průsvitné a mají intenzivní (až diamantový) lesk, tmavě zbarvené sfalerity jsou neprůhledné a mají polokovový lesk. Vyšší hustota ($\rho = 3,9-4,1$), nízká tvrdost ($T = 3,5-4$). Světlý (bílý, nažloutlý, hnědý až šedý vryp - v závislosti na chemickém složení).
- Chemický důkaz: Žiháním v oxidačním plameni vzniká ostře čpící oxid siřičitý. Silným žiháním těkají bílé dýmy oxidu zinečnatého. Sfalerit je rozložitelný v koncentrované kyselině dusičné. Ve vzniklém roztoku možno dokázat sírany (po přidavku roztoku dusičnanu či chloridu barnatého vznikne bílá sraženina) a zinečnaté kationty. Prášek minerálu je též rozložitelný ve vařící HCl (uniká sirovodík a minerál se bezezbytku rozpustí).
- Minerální asociace: sfalerit je typický minerál hydrotermálního původu. Často je v asociaci s křemenem, karbonáty, barytem, fluoritem a dalšími sulfidy (pyritem, galenitem, chalkopyritem). Produkty zvětrávání sfaleritu většinou nejsou vizuálně příliš nápadné (bílý, nažloutlé či sytě žluté povlaky druhotných minerálů Zn, limonitu, greenockitu).
- Podobné minerály: barvou a tvarem krystalů či agregátů je podobný kasiteritu (ten není štěpný a má vyšší hustotu), někdy i granátu (absence štěpnosti, asociace se silikáty). Zrnité agregáty hnědého sfaleritu je možno zaměnit s karbonáty (siderit - štěpnost podle klence!).

Galenit

- Soustava kubická. Krystaly tvaru krychle, méně oktaedru, spojky obou tvarů (kubooktaedry), někdy i plochy romboického dodekaedru.



Obr. 4.3. Krystaly galenitu.

- Agregáty zrnité, méně celistvé.
- Chemické složení: PbS, příměsi Ag (až 1 %), Bi, Sb, As, Se, Tl, Te.
- Fyzikální vlastnosti: barva olověně šedá, silný kovový lesk (zejména na štěpných plochách), neprůhledný, štěpnost podle krychle {100}, tj. na každém individuě lze najít 3 na sebe

vzájemně kolmé systémy štěpných ploch. Nízká tvrdost ($T = 2-3$), vysoká hustota ($h = 7,5$). Černý vryp.

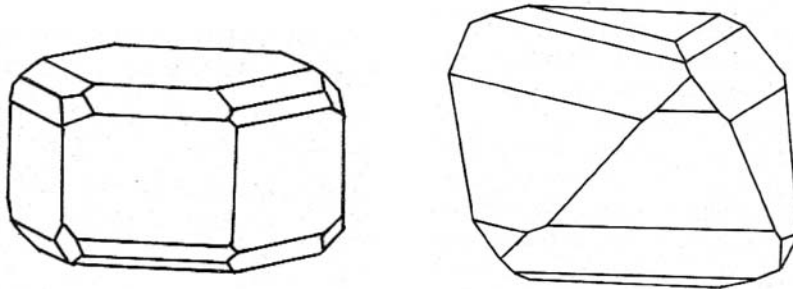
- Chemický důkaz: vařením prášku minerálu v HCl vzniká sirovodík (páchnoucí po shnilých vejcích) a bílá sraženina chloridu olovnatého. V konc. kyselině dusičné vznikne rozkladem minerálu bezbarvý roztok (bylo-li minerálu málo) nebo se vyloučí bílá sraženina síranu olovnatého (bylo-li minerálu hodně). V odfiltrovaném roztoku možno po neutralizaci dokázat olovo (přídavkem roztoku jodidu či chromanu draselného vzniká žlutá sraženina jodidu či chromanu olovnatého).

- Minerální asociace: galenit je minerál hydrotermálního původu. Často je v asociaci s křemenem, karbonáty, barytem, fluoritem a dalšími sulfidy (pyritem, sfaleritem, chalkopyritem). Produkty zvětrávání galenitu většinou nejsou vizuálně příliš nápadné (bílé, či šedé, skelně, mastně či matně lesklé povlaky cerusitu či anglesitu).

- Podobné minerály: olovně šedou barvou a kovovým leskem se galenit podobá molybdenitu (ten je štěpný jen podle 1 roviny, barva více do modra, tabulkovité agregáty a krystaly), a antimonitu (prizmatická štěpnost podle $\{110\}$, stébelnaté či sloupcovité agregáty). Lze jej zaměnit i s krystalovaným hematitem (červený vryp, absence štěpnosti) či grafitem (velmi nízká hustota i tvrdost).

Cinabarit (rumělka)

- Soustava trigonální. Krystaly jsou vzácné, tlustě tabulkovité, sloupcovité, klence, trapezodry.



Obr. 4.4. Krystaly cinabaritu.

- Agregáty zrnité, celistvé, práškovité.

- Chemické složení: HgS

- Fyzikální vlastnosti: jasně červená barva i vryp, krystaly a štěpné plochy mají diamantový lesk, zemité povlaky jsou matné. Dokonale štěpný podle klence $\{10-10\}$, tj. podle třech systémů ploch, které navzájem svírají úhly nerovnající se 90° . Nízká tvrdost ($T = 2$), vysoká hustota ($h = 8,1$).

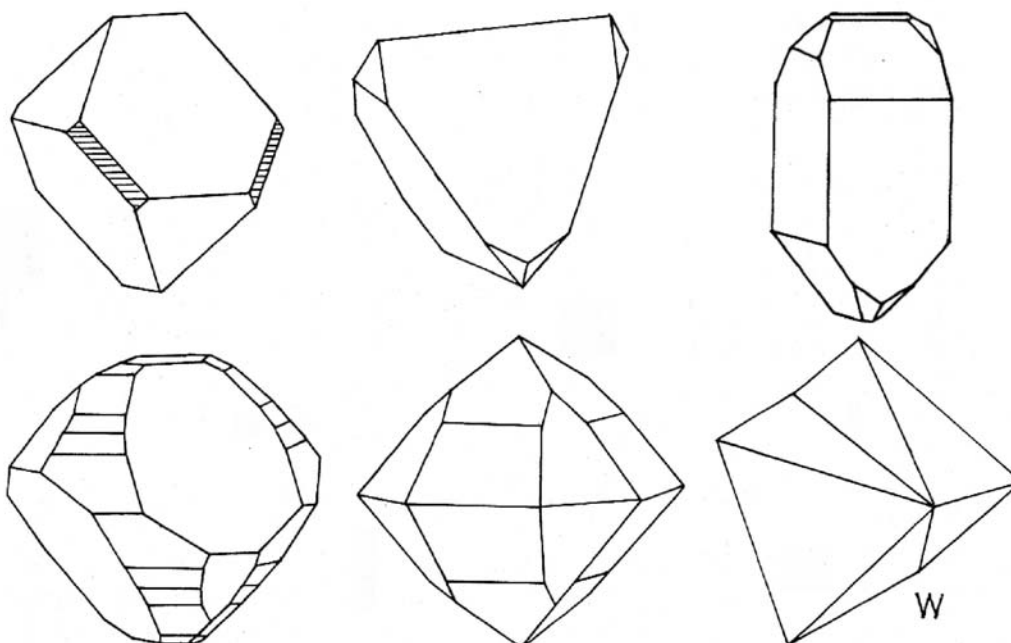
- Chemický důkaz: Žiháním v plameni se zcela vypaří. Prášek minerálu žihán s přebytkem bezvodého uhličitanu sodného ve zkumavce uvolňuje páry rtuti, které kondenzují na chladnějších stěnách zkumavky v kovovou rtuť (tzv. rtuťové zrcátko). Pracovat v digestoři, páry obsahující rtuť jsou jedovaté!!! S kyselinami (kromě lučavky královské) nereaguje.

- Minerální asociace: cinabarit je nízkoteplotní minerál hydrotermálního původu, vyskytující se na rudních žilách či v sedimentech. Typickými průvodními minerály cinabaritu jsou křemen, karbonáty, baryt, další „nízkoteplotní“ sulfidy (pyrit, markazit, realgar, auripigment).

- Podobné minerály: červený sfalerit (štěpnost podle $\{110\}$, poloviční hustota), červený hematit (bez štěpnosti, nižší hustota, reakce na železo).

Chalkopyrit

- Soustava tetragonální. Krystaly jsou hojné, disfenoidického (pseudotetraedrického či pseudooktaedrického) habitu, často v bohatých drúzách.
- Agregáty zrnité, celistvé, masivní. Izolovaná zrna vtoušená v jiných minerálech.
- Chemické složení: CuFeS_2 , příměsi Ag, Se, Zn
- Fyzikální vlastnosti: barva mosazně (= sytě) žlutá, při navětrání často pestře nabíhá (barvy pavího chvostu), zelenošedý vryp, kovový lesk. Chalkopyrit není štěpný, lom má nerovný. Neprůhledný, křehký. Nízká tvrdost ($T = 3,5-4$), vyšší hustota ($h = 4,1-4,3$).



Obr. 4.5. Krystaly chalkopyritu. W označen dvojčatný srůst.

- Chemický důkaz: V horké koncentrované kyselině dusičné se rozkládá za vzniku modrozeleného roztoku. V roztoku možno dokázat železo a měď, nejlépe zalkalizováním amoniakem: roztok se sytě modře zbarví (komplex diaminměďnatý) a na dně zkumavky se (po event. povaření) usadí hnědá sraženina hydroxidu železitého.
- Minerální asociace: chalkopyrit je minerál hydrotermálního původu, hojný na rudních ložiskách. Typickými průvodními minerály jsou křemen, karbonáty, baryt, další sulfidy (pyrit, galenit, sfalerit). Barevně velmi nápadné (zelené, modré, modrozelené) jsou produkty zvětrávání chalkopyritu (malachit, azurit, chryzokol, limonit, aj.).
- Podobné minerály: pyrit (světle žlutá barva, černošedý vryp), pyrhotin (barva bronzově hnědá), zlato (kujné, vyšší hustota, žlutý vryp).

Pyrhotin

- Soustava hexagonální či monoklinická. Krystaly jsou vzácné, tabulkovité, s hexagonálním obrysem.
- Agregáty zrnité, celistvé, nebo je kusový, často prorostlý s dalšími minerály.
- Chemické složení: FeS_{1-x} kde $x = 0,1$ až $0,2$, příměsi Ni (až 7%), Co
- Fyzikální vlastnosti: barva bronzově hnědá, silný kovový lesk. Vryp šedočerný. Štěpnost podle bazálního pinakoidu $\{0001\}$ (tj. podle jednoho systému rovin) je zpravidla viditelná pouze na krystalech. Na jemnozrnném či „litém“ pyrhotinu štěpnost není patrná. Křehký.

Monoklinický pyrrhotin je silně magnetický (někdy jeho krystaly jeví i permanentní magnetismus). Nízká tvrdost ($T = 3,5-4,5$), vyšší hustota ($h = 4,65$).

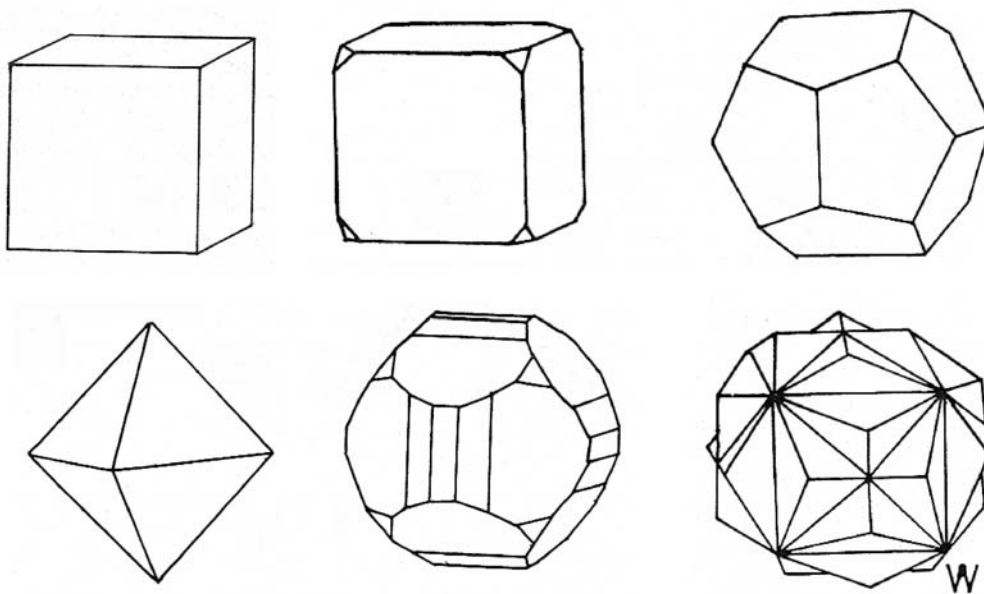
- Chemický důkaz: Žihán v oxidačním plameni uvolňuje ostře čpící oxid siřičitý. Prášek minerálu se rozkládá ve vroucí HCl, uvolňuje se sirovodík a vzniká nažloutlé či nazelenalé zbarvení kyseliny. Roztok ve zkumavce zežloutne po přidavku peroxidu vodíku. Po neutralizaci roztoku amoniakem vzniká hnědá sraženina hydroxidu železitého.

- Minerální asociace: minerál výšeteplotních rudních ložisek a metamorfitů, vznikající za nízké fugacity kyslíku. Proto se nikdy na vzorcích nevyskytuje v asociaci s primárními sírany (např. barytem). Při zvýšení fugacity kyslíku se mění v pyrit. Typickými průvodci pyrrhotinu jsou křemen, černý (železem bohatý) sfalerit, chalkopyrit, pyrit, tmavé silikáty (pyroxeny, olivín; v hlubinných vyvřelinách).

- Podobné minerály: pyrit (světle žlutá barva), chalkopyrit (barva sytě žlutá).

Pyrit

- Soustava kubická. Krystaly jsou běžné, v drúzových dutinách, i zarostlé v horninách (jde o krystalizačně tzv. silný minerál), izometrické, nejčastěji krychle či pentagondodekaedr (tzv. pyritotvar), méně oktaedr. Na krystalových plochách krychle bývá vyvinuto charakteristické rýhování.



Obr. 4.6. Krystaly pyritu. W označena penetrační srostlice dvou pentagondodekaedrů (tzv. železný kříž).

- Agregáty zrnité, nebo je kusový, často prorostlý s dalšími sulfidy. Může být i radiálně paprskovitý, ledvinový, v povlacích, v pseudomorfózách po jiných minerálech. Důležitý fosilizační minerál.

- Chemické složení: FeS_2 , příměsi Co, Ni, Mn, As, Sb, Tl, Cu, Ag, Au

- Fyzikální vlastnosti: barva světle žlutá, někdy při navětrání barva tmavne (sytě žlutá jako u chalkopyritu), příp. pestře nabíhá, vryp černý, silný kovový lesk, bez štěpnosti, lom nerovný. Křehký. Vyšší tvrdost ($T = 6-6,5$) i hustota ($h = 4,9-5,2$).

- Chemický důkaz: Žihán v oxidačním plameni hoří modravým plamenem a uvolňuje ostře čpící oxid siřičitý. Úlomek je po důkladném vyžihání a vychladnutí červený. Žiháním prášku minerálu ve zkumavce se uvolňuje elementární síra, která se sráží na chladnějších stěnách zkumavky (žlutý povlak). Minerál se nerozkládá v HCl, reaguje však s koncentrovanou

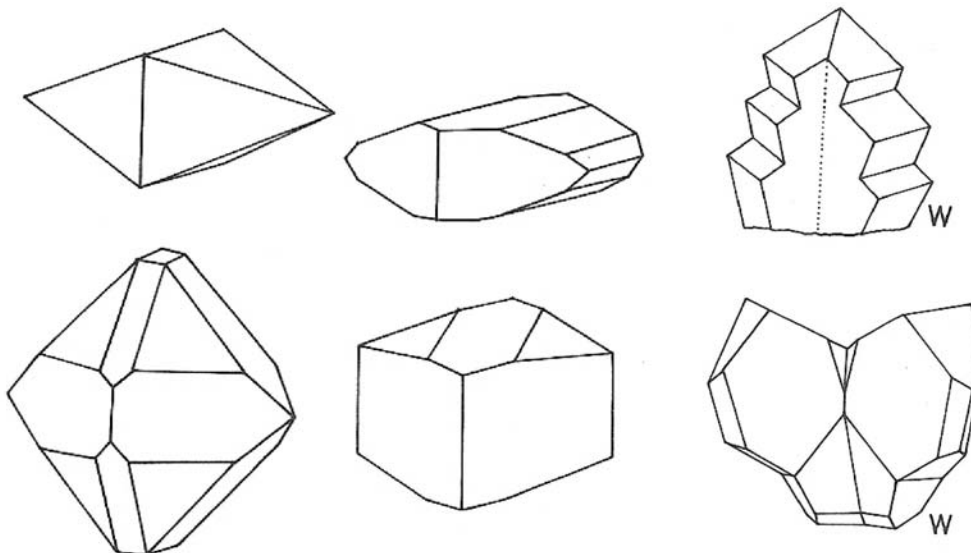
kyselinou dusičnou za vzniku žlutého až žlutohnědého zbarvení roztoku. V roztoku možno dokázat železo: po neutralizaci roztoku amoniakem či alkalickým hydroxidem vzniká hnědá sraženina hydroxidu železitého.

- Minerální asociace: pyrit je jeden z nejběžnějších minerálů, může vznikat za velmi rozmanitých podmínek v magmatických, metamorfovaných i sedimentárních horninách, velmi hojný je na hydrotermálních rudních ložiskách, kde asociuje s křemenem, karbonáty a dalšími sulfidy. Jeho zvětráváním vznikají oxidy-hydroxidy železa (žluté, hnědé až černé povlaky „limonitu“).

- Podobné minerály: markazit (světlejší barva s odstínem dozelena, jiný tvar krystalů), chalkopyrit (na čerstvém lomu sytě žlutá barva, zelenošedý vryp), pyrhotin (barva bronzově hnědá), zlato (kujné, vyšší hustota, žlutý vryp).

Markazit

- Soustava romboická. Krystaly jsou tabulkovité, pyramidální či sloupcovité podle osy a . Typická jsou kopinatá dvojčata podle $\{110\}$ a jejich polysyntetické opakování („kyz kopinatý“).



Obr. 4.7. Krystaly markazitu. W označeny dvojčatné srůsty (nahore „kyz kopinatý“).

- Agregáty zrnité, radiálně paprscité, ledvinité, může tvořit konkrece v sedimentech. Často je prorostlý s pyritem. Důležitý fosilizační minerál.

- Chemické složení: FeS_2

- Fyzikální vlastnosti: barva cínově bílá až světle žlutá s odstínem dozelena, na vzduchu barva v důsledku oxidace rychle tmavne. Lesk na čerstvém lomu kovový, na starších plochách málo intenzivní. Snadno zvětrává (i v suchu ve sbírkách se může po několika letech zcela rozpadnout). Vryp zelenavě černošedý. Bez štěpnosti, lom nerovný. Vyšší tvrdost ($T = 6-6,5$) i hustota ($h = 4,9$).

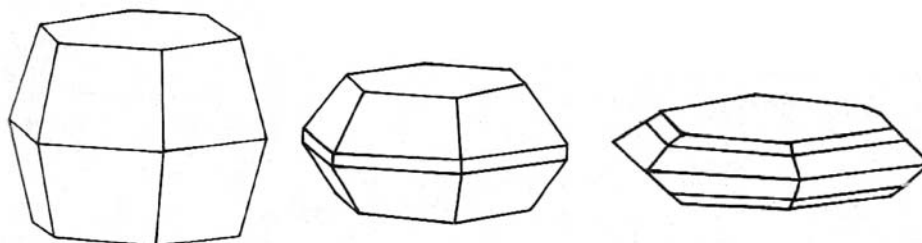
- Chemický důkaz: viz pyrit. Odlišení od pyritu: hrubý prášek markazitu reaguje s roztokem peroxidu vodíku za silného šumění. Roztok se zakalí vyloučenou sírou. Pyrit nereaguje.

- Minerální asociace: markazit je nízkoteplotní nerost, vyskytující se na hydrotermálních rudních ložiskách, kde asociuje s křemenem, karbonáty a dalšími sulfidy. Též hojný v sedimentech (uhlí, vápence). Jeho zvětráváním vznikají vedle sádrovce také oxidy-hydroxidy železa (žluté, hnědé až černé povlaky „limonitu“)

- Podobné minerály: pyrit (na čerstvém lomu tmavěji žlutá barva, jiný tvar krystalů), arsenopyrit (cínově bílý, při žhání v plameni vydává česnekový zápach)

Molybdenit

- Soustava hexagonální. Krystaly jsou vzácné, tenké až tlustě tabulkovité podle $\{0001\}$, s šestibokým obrysem a obvykle nedokonale vyvinutými krystalovými plochami.
- Agregáty lístečkovité, šupinovitě, někdy jednotlivé šupinky vějířovitě uspořádané.
- Chemické složení: MoS_2 , příměs Re a Se.
- Fyzikální vlastnosti: barva modravě šedá, velmi silný kovový lesk. Vryp modravě šedý, kovově lesklý. Dokonale štěpný dle báze $\{0001\}$, tj. podle jednoho systému štěpných ploch.



Obr. 4.8. Krystaly molybdenitu.

Lístečky jsou ohebné, ale neelastické (tj. po prohnutí se nevrátí do původního tvaru). Velmi nízká tvrdost ($T = 1$), píše po papíře. Vyšší hustota ($h = 4,6-4,8$). Dobrý vodič elektřiny.

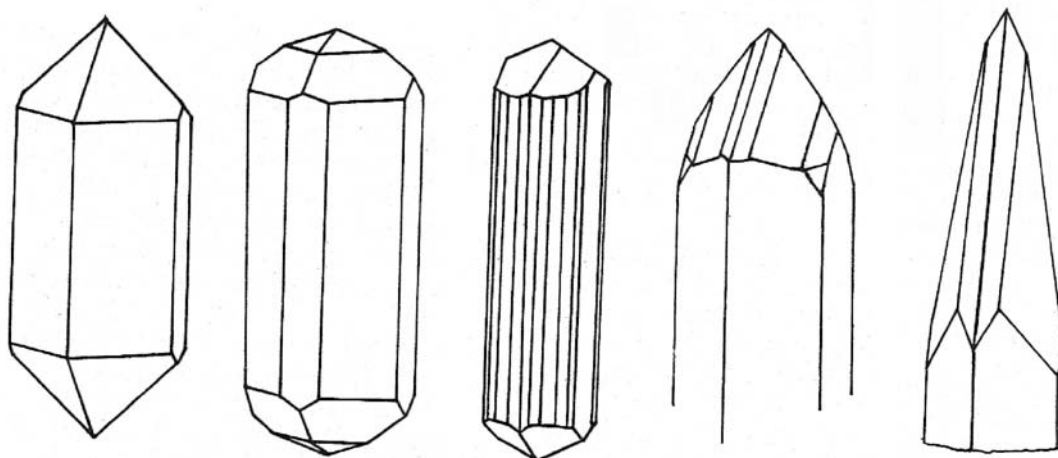
- Chemický důkaz: Úlomek žhán v oxidačním plameni zbarvuje plamen žlutozeleně (Mo) a páchne po oxidu siřičitém. V horké koncentrované kyselině dusičné se pomalu a neochotně rozkládá, přičemž ve zkumavce zůstává malé množství bílé či šedé sraženiny.

- Minerální asociace: molybdenit je minerál vysokoteplotních rudních ložisek (greiseny - asociace s křemenem, živci, slídami; křemenné žíly - asociace s křemenem, kasiteritem, wolframitem, fluoritem).

- Podobné minerály: molybdenit je barvou, štěpností a tvrdostí podobný grafitu, od něhož se liší modravým odstínem a vyložení kovovým vzhledem. Barevně je dále podobný antimonitu a galenitu (oba mají jiné tvary agregátů, jinou štěpnost a vyšší tvrdost).

Antimonit

- Soustava rombická. Krystaly jsou sloupcovité, stébelnaté či jehlicovité, často s vyvinutým vertikálním rýhováním (paralelní s protažením krystalu).



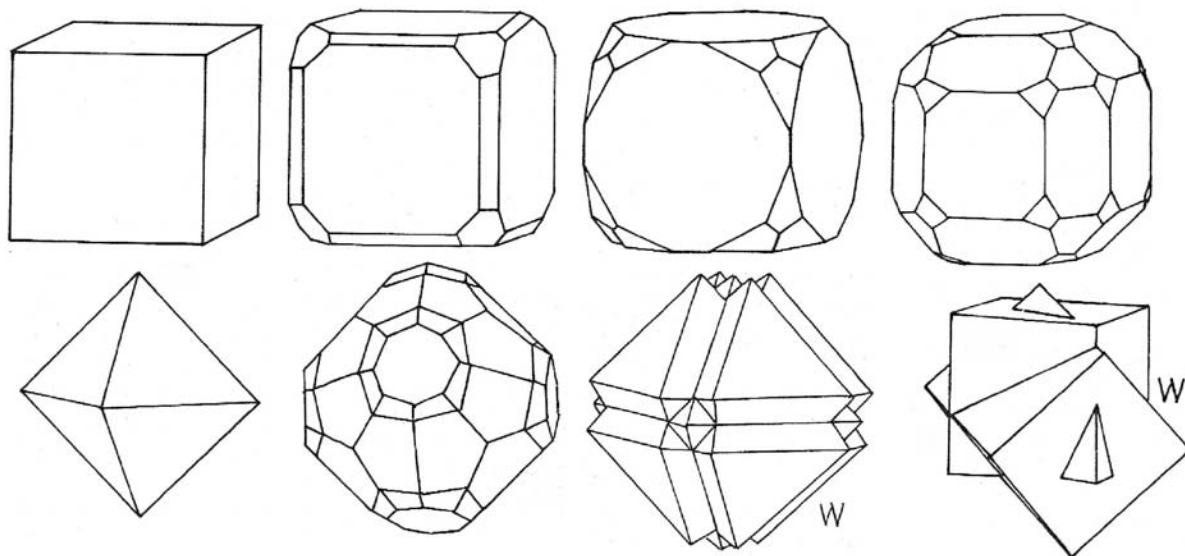
Obr. 4.9. Krystaly antimonitu.

- Agregáty sloupcovité, stébelnaté či jehlicovité, někdy i celistvý.
- Chemické složení: Sb_2S_3 , někdy příměsi Ag, Au.
- Fyzikální vlastnosti: barva olověně šedá s náběhem domodra, vryp černý, silný kovový lesk, dokonale štěpný podle $\{010\}$. Nízká tvrdost ($T = 2$), vyšší hustota ($h = 4,5-4,7$). Velmi nízká teplota tání (546°C).
- Chemický důkaz: V plameni snadno taje, přitom vydává bílý dým (oxid antimonický). Roztavený antimonit, je-li kápnut na vodorovně položený papír, se rozstříkne a kuličky po papíře poskakují. Rozložitelný v kyselině chlorovodíkové (bezb. roztok + zápach po sirovodíku) i dusičné (bezb. roztok). Přilijeme-li do zkumavky, v níž byl vařen antimonit ve zředěné HCl, studenou vodu ze stříčky, vzniká na stěnách zkumavky malé množství oranžové sraženiny (kermes).
- Minerální asociace: antimonit je minerál středněteplotních až nízkoteplotních rudních žil, na nichž bývá v asociaci s křemenem, pyritem, či zlatem. Zvětráváním antimonitu vznikají pestře zbarvené supergenní produkty (žluté, oranžové až hnědé Sb-okry, červený kermezit, bílý valentinit).
- Podobné minerály: antimonit je barvou a tvrdostí podobný galenitu, od něhož se liší modravým odstínem, tvarem krystalů či agregátů, a také štěpností. Od molybdenitu se liší vyšší tvrdostí, štěpností a tvarem agregátů. Grafit má mnohem nižší hustotu a tmavší barvu, krystalovaný hematit má jiný tvar krystalů, vyšší tvrdost a červený vryp.

4.3. Halogenidy

Fluorit

- Soustava kubická. Krystaly hojné, v bohatých drúzách. Nejčastějším tvarem je krychle, či oktaedr, méně tetrahexaedr, na spojkách i plochy romboického dodekaedru. Na plochách krychle bývá vyvinuto drúzovité parketování. Penetrační prorostlice podle $\{111\}$.



Obr. 4.10. Krystaly fluoritu. W označeny penetrační prorostlice.

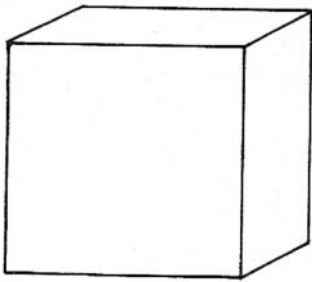
- Agregáty zrnité, někdy i celistvé.
- Chemické složení: CaF_2 , příměsi za Ca: REE, Y, za F: OH
- Fyzikální vlastnosti: fluorit je typický zbarvený minerál: bezbarvý, bílý, fialový, zelený, modrý, růžový, žlutý i černý. I na jednom krystalu či zrně může být makroskopicky patrná barevná zonálnost. Vryp bílý. Nekovový vzhled, průhledný, průsvitný i neprůhledný. Štěpnost

dokonalá podle {111}, tj. podle čtyř rovin oktaedru. Skelný lesk. Tvrdost = 4, vyšší hustota ($h = 3,15$). V dlouhovlnném UV záření vykazuje většinou modrobílou, zelenavou či červenavou fluorescenci.

- Chemický důkaz: Prášek nerostu, navlhčený HCl a vnesený na Pt-drátku do nesvítivého plamene barví plamen cihlově červeně. Rozkládá se v HCl i HNO₃, v roztoku reakce na vápník (po neutralizaci amoniakem vznikne po přidavku vodného roztoku kyseliny šťavelové bílá sraženina šťavelanu vápateého). Prášek nerostu přelitý ve zkumavce konc. kys. sírovou uvolňuje fluorovodík, který leptá sklo vnitřních stěn zkumavky (sklo do druhého dne zmatní).
- Minerální asociace: fluorit je minerál vysokoteplotních i nízkoteplotních rudních ložisek. Vytváří samostatné žíly, nebo je v asociaci s křemenem, barytem, sulfidy. Může být přítomen i v pegmatitech (asociace s křemenem, živci aj. - i vzácnými - minerály), či greisenech (s křemenem, slídami, živci, kasiteritem). Též na puklinách vyvřelých či metamorfovaných hornin (spolu s krystaly křemene, kalcitem, epidotem, zeolity, aj.).
- Podobné minerály: fialová odrůda křemene (ametyst) má jiný tvar krystalů, vyšší tvrdost, a je bez štěpnosti. Světle zbarvené zrnité agregáty kalcitu a živce mají jiný charakter štěpnosti.

Halit

- Soustava kubická. Krystaly hojné, prakticky výhradně tvaru krychle.



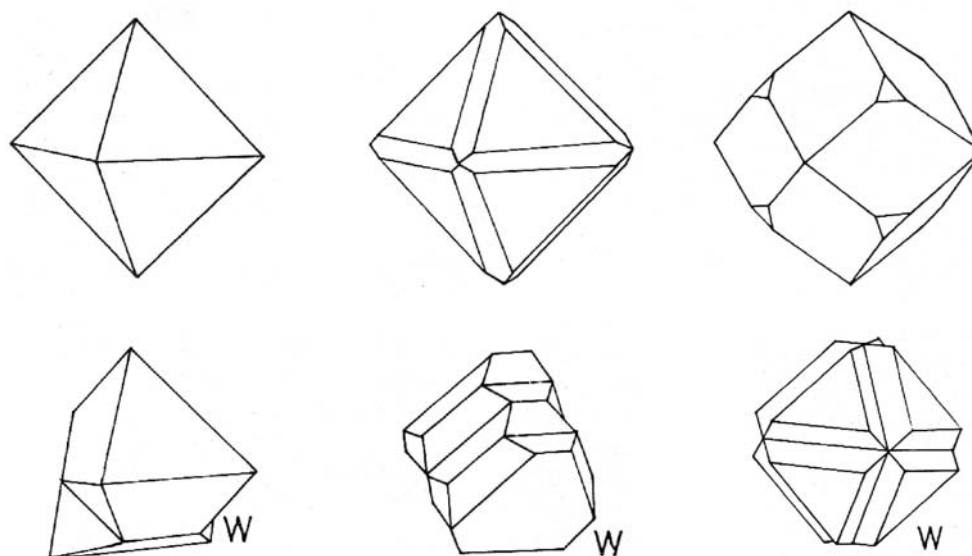
Obr. 4.11. Krystal halitu.

- Agregáty zpravidla zrnité, někdy i vláknité, nebo je v práškovitých povlacích
- Chemické složení: NaCl, příměs Br, I nebo K
- Fyzikální vlastnosti: halit je typický zbarvený minerál. Čistý halit je bezbarvý či bílý, někdy modrý. Příměs oxidů železa způsobuje růžové až masově červené zbarvení, příměs jílu šedé zbarvení. Vryp bílý, skelný lesk. Dokonalá štěpnost podle {100}, tj. podle tří na sebe kolmých rovin krychle. Dobře rozpustný ve vodě, slabě hygroskopický (starší povrch, vystavený dlouhou dobu působení vzduchu, je mírně vlhký, jakoby naleptaný, s mastným leskem). Někdy se na něm tvoří bílé práškovité výkvěty. Teplota tání 801 °C. Nízká tvrdost ($T = 2$) i hustota ($h = 2,15$).
- Chemický důkaz: Nesvítivý plamen barví úlomek nerostu sytě žlutě (Na). Po rozpuštění vzorku ve vodě a přidavku vodného roztoku dusičnanu stříbrného vznikne těžká bílá sraženina chloridu stříbrného, která časem na denním světle zfialoví.
- Minerální asociace: vzniká chemogenní sedimentací (odpařováním vody v uzavřených mořských zátokách či jezerech v aridních oblastech), spolu se sádrovcem, anhydritem, sylvínem, či dalšími vzácnějšími solemi K-Mg. Asociace s vápencí a jíly.
- Podobné minerály: zrnitý kalcit a živec mají jiný charakter štěpnosti, minerální asociaci a nejsou rozpustné ve vodě. Světle zbarvené krystaly fluoritu mají vyšší hustotu a jsou štěpné podle oktaedru.

4.4. Oxidy a hydroxidy

Magnetit

- Soustava kubická. Krystaly hojné, hlavně zarostlé v horninách (magnetit je krystalizačně „silný“ minerál), tvaru oktaedru, často zdvojitě podle oktaedru {111}.
- Agregáty zpravidla zrnité
- Chemické složení: Fe_3O_4 , příměsi Mg, Al, Ti, Cr, V (až několik % cizích kationtů - dokonalá izomorfní mísivost s dalšími členy spinelové skupiny)



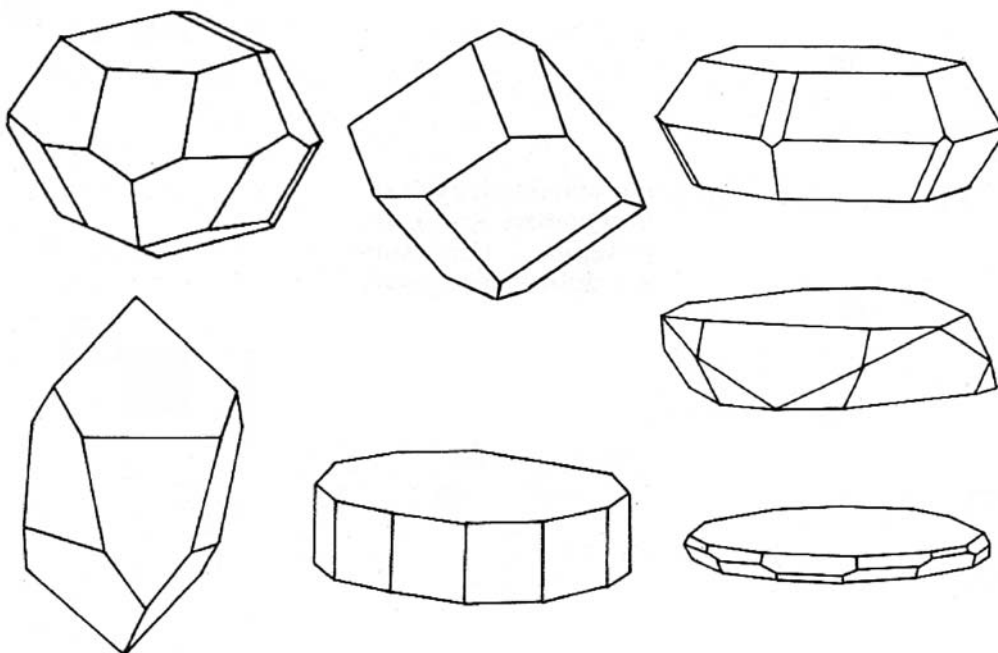
Obr. 4.12. Krystaly magnetitu. W označeny srostoplice a prorostlice.

- Fyzikální vlastnosti: barva železně šedá až černá, vryp černý. Neprůhledný, kovový lesk, bez štěpnosti, lom nerovný. Přitahován permanentním magnetem, některé ukázky jsou samy magnetické. Vysoká hustota ($\rho = 5,18$), tvrdost 5,5-6,5.
- Chemický důkaz: prášek nerostu se (někdy jen částečně) rozpouští v horké HCl (bez šumění) na žlutý roztok, v němž lze dokázat přítomnost železa (po neutralizaci amoniakem vzniká hnědá sraženina hydroxidu železitého). Též důkaz železa v boraxové či fosforečné perle.
- Minerální asociace: drobná zrna či krystalky jsou častou akcesorií ve vyvřelých a metamorfovaných silikátových křemen-obsahujících i bezkřemenných horninách. Pěkné krystaly v chloritických břidlicích. Bohatší akumulace ve skarnech a tzv. páskovaných železných rudách, kde je v asociaci s železem bohatými silikáty (granáty, pyroxeny, amfiboly, slídkami), křemenem, karbonáty, živci. Podléhá supergenní přeměně na hematit, goethit, či „limonit“.
- Podobné minerály: galenit (jiný tvar krystalů, štěpnost), wolframit (tabulkovité krystaly či agregáty, štěpnost), barevně podobný může být krystalovaný hematit (jiná morfologie krystalů, červený vryp).

Hematit

- Soustava trigonální. Krystaly dipyramidální, spojky romboedrů, tabulky s převládajícím bazálním pinakoidem, někdy zdvojitě podle pinakoidu {0001}. Též pseudomorfózy po krystalech magnetitu (martit).

- Agregáty zrnité, celistvé, lístkovité („železná slída“), zemité. Lebníkový hematit - polokulovitě až ledvinitě agregáty s radiálně paprscitou stavbou. Též oolity (v sedimentárních železných rudách)
- Chemické složení: Fe_2O_3 , příměsi Mg či Ti (neomezená míšivost s FeTiO_3 za teplot nad $700\text{-}900\text{ }^\circ\text{C}$ - tj. s vysokými obsahy Ti se lze setkat u hematitů vznikajících za vysokých teplot).
- Fyzikální vlastnosti: hrubozrný či krystalovaný hematit má ocelově šedou, šedočernou až černou barvu a silný kovový lesk, zatímco jemně zrnitý, celistvý či zemitý hematit je tmavě červený s polokovovým či matným leskem. Vryp červený. Krystalovaný či hrubě zrnitý hematit je bez štěpnosti, u lístkovitých agregátů je zvláště odlišná odlišnost podle pinakoidu $\{0001\}$. Neprůhledný, tenké lístečky červeně prosvítají. Vysoká hustota ($\rho = 5,26$), tvrdost variabilní podle agregátního stavu (krystalovaný a hrubozrný: $T = 6\text{-}6,5$, u zemitých agregátů $T = 1$).



Obr. 4.13. Krystaly hematitu.

- Chemický důkaz: silným žiháním v oxidačním plameni se stává magnetickým. Prášek nerostu se částečně rozpouští v horké HCl (bez šumění) na žlutý roztok, v němž lze dokázat přítomnost železa (po neutralizaci amoniakem vzniká hnědá sraženina hydroxidu železitého). Též důkaz železa v boraxové či fosforečné perle.
- Minerální asociace: Hematit je minerál středních až nízkých teplot, vznikající za podmínek vysoké aktivity kyslíku. Z toho důvodu se jen vzácně vyskytuje spolu se sulfidy. Naopak často bývá v asociaci se sírany (baryt), karbonáty, křemenem. Běžný červený pigment četných minerálů a hornin.
- Podobné minerály: cinabarit je štěpný a má vyšší hustotu.

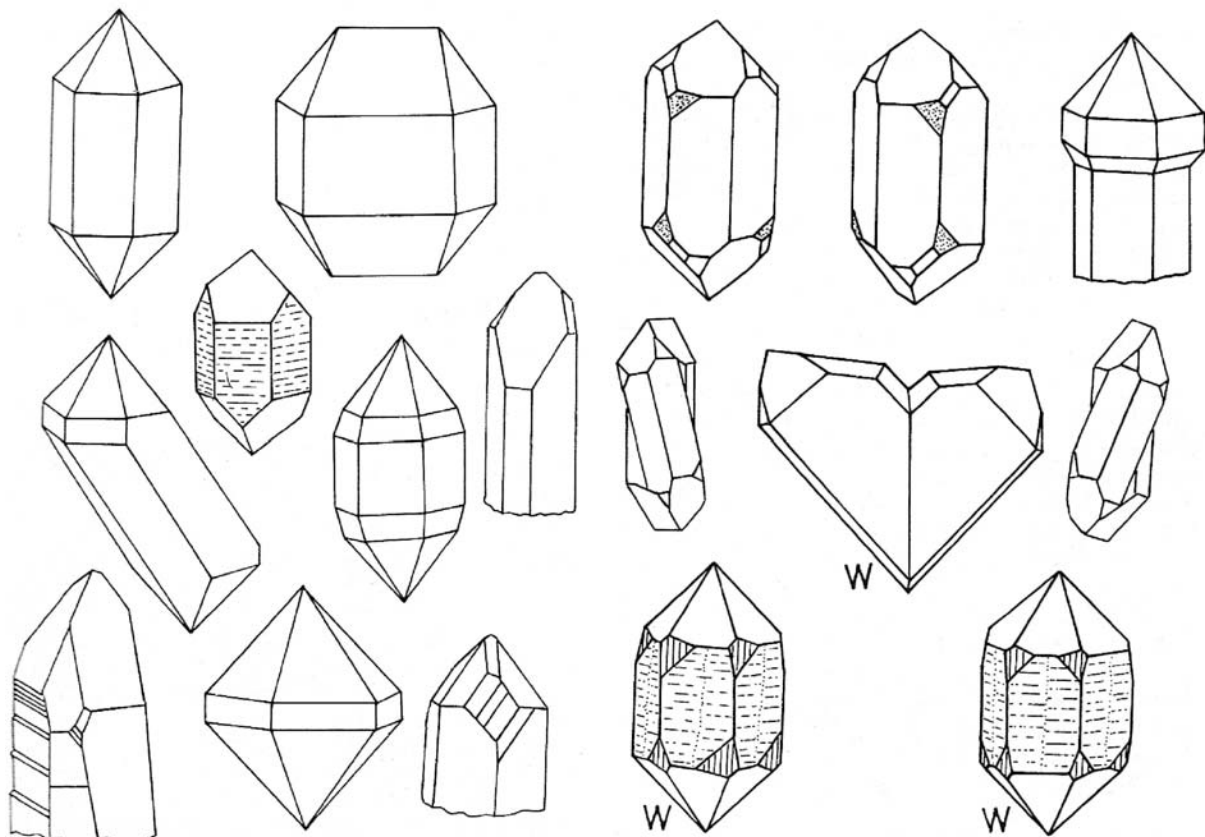
„Limonit“

- Amorfní, nebo směs různých více či méně krystalických hydroxidů a oxidů železa. Též pseudomorfozy po krystalech minerálů obsahujících Fe, např. pyritu, magnetitu, hematitu, sideritu.
- Agregáty celistvé, zemité, ledvinitě, krápníkovité, konkrece, povlaky.

- Chemické složení: směs hydroxidů, hydrooxidů a oxidů trojvalentního železa s proměnlivým obsahem vody a častou příměsí dalších prvků (Al, Mn, Cu, Pb, Zn, Si - až desítky hmot. % oxidů). Hlavní složkou bývá zpravidla goethit (rombický FeOOH).
- Fyzikální vlastnosti: barva žlutá, žlutohnědá, hnědá, hnědočerná až černá, s hnědým vrypem. Lesk až polokovový u celistvých odrůd, u zemitých agregátů matný. Podle agregátního stavu variabilní tvrdost ($T = 1-5$) i hustota ($h = 2,7-4,3$).
- Chemický důkaz: žiháním práškovaného nerostu ve zkumavce se uvolňuje voda, která kondenzuje na chladnějších stěnách zkumavky. Světle zbarvené odrůdy po vyžhání tmavnou. Prášek nerostu se (někdy jen částečně, obsahuje-li příměs křemene či silikátů) rozpouští v horké HCl (bez šumění) na žlutý roztok, v němž lze dokázat přítomnost železa (po neutralizaci amoniakem vzniká hnědá sraženina hydroxidu železitého). Též důkaz železa v boraxové či fosforečné perle.
- Minerální asociace: limonit vzniká zvětráváním (oxidací a/nebo hydratací) železo obsahujících minerálů (zejména sulfidů, oxidů, silikátů, karbonátů), často spolu se sírany (např. sádrovcem, jarositem, aj.). Též vzniká přímou precipitací z vodního prostředí (bažiny, jezera, moře). Častý žlutý až hnědý pigment různých minerálů a hornin.
- Podobné minerály: práškovitý se může podobat síře (zápach, chemický důkaz S).

Křemen

- Soustava trigonální (tzv. „nižší“ křemen, vznikající za teplot pod 573 °C) nebo hexagonální (tzv. „vyšší“ křemen, vznikající za teplot nad 573 °C). Krystaly hojné, často v bohatých drúzách, většinou sloupcovité (spojky prizmatu a dvou klenců (resp. dipyramidy), prizmatické plochy bývají často vodorovně rýhované), též izometrické krystaly s převahou ploch romboedrů, někdy zdvojitě. Někdy různoměrný vývin krystalů.



Obr. 4.14. Krystaly křemene. W označeny srostlice.

- Agregáty sloupcovité, radiálně paprscité, zrnité, kusový. Pseudomorfozy křemene po pyritu, hematitu, kalcitu, barytu aj. minerálech.
- Chemické složení: SiO_2
- Fyzikální vlastnosti: křemen je typický zbarvený minerál. Odrůdy: křišťál (bezbarvý), mléčný křemen (bílý), ametyst (fialový), růženín (růžový), citrín (žlutý), záhněda (hnědá), morion (černý). Těž červený železitý křemen (jemný pigment hematitu) nebo zelený (jemný pigment chloritu). Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Vryp bílý, skelný lesk, bez štěpnosti, lom nerovný. Nesnadno zvětrává, proto i na navětralých vzorcích má čerstvý vzhled a skelný lesk. Výborná propustnost pro UV záření, nepatrná tepelná roztažnost, lepší vodič tepla než sklo. Vysoká tvrdost ($T = 7$), nízká hustota ($h = 2,65$).
- Chemický důkaz: V kyselinách (kromě HF) se nerozkládá. Prášek minerálu (roztírat v achátové třecí misce!) se v přebytku koncentrované HF zcela rozpustí. Pokud byl křemen čistý (tj. bez příměsí cizích minerálních fází), odpařením roztoku nezůstává žádný pevný zbytek. Tavením s přebytkem sody na Pt-drátku se vytvoří ve vodě rozpustný křemičitan sodný. Bylo-li protavení dokonalé, perlička se bezezbytku rozpustí ve vodě na čirý roztok. Okyselením roztoku (zředěná HCl) se vylučuje gelovitá kyselina křemičitá.
- Minerální asociace: jeden z nejběžnějších minerálů zemské kůry, může vznikat za velmi variabilních podmínek. Hojný v kyselých vyvěřelinách (žuly, pegmatity, ryolity, vedle živců, slíd, turmalínu, aj.). Díky mechanické i chemické odolnosti nepodléhá zvětrávání a hromadí se v klastických sedimentech (písky, štěrky, pískovce, slepence, křemence). Hlavní složka četných metamorfítů (fylity, ruly, svory, kvarcity, aj., kde je spolu s živci, slídkami, granátem, staurolitem aj. silikáty. Důležitá komponenta na hydrotermálních žilách (asociace se sulfidy, karbonáty, fluoritem, barytem, aj.). Nikdy v asociaci s olivínem či foidy.
- Podobné minerály: světle zbarvené karbonáty a živce mají jiný tvar krystalů, nižší tvrdost a jsou štěpné.

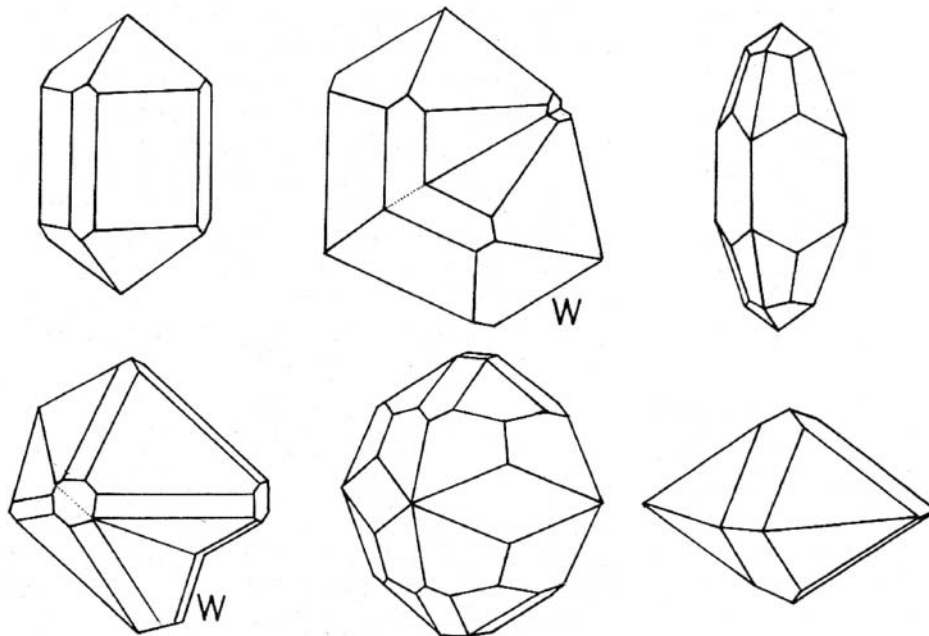
Opál

- Amorfní
- Agregáty celistvé, zemité, ledvinité, krápníkovité, konkrece, povlaky. Fosilizační minerál. Pseudomorfozy po jiných minerálech (karbonátech, barytu, fluoritu).
- Chemické složení: SiO_2 (aq), obsah vody 3-12 %. Častá příměs pigmentačních minerálů (oxidy Fe, Mn, fylosilikáty)
- Fyzikální vlastnosti: Typický zbarvený minerál. Čirý (hyalit), bílý (opál mléčný, kašolong), oranžový (opál ohnivý), dřevitý (koloidy SiO_2 fosilizovaly kmeny stromů) drahý (barvoměna, způsobená lomem a rozkladem světla na jemné vnitřní strukturu nerostu), masový (červený pigment hematitu), těž zelený (chlority, minerály serpentinové skupiny). Menilitový opál (vrstevnatý, šedohnědý) a křemelina (rozsivková zemina) v sedimentech. Někdy barevné proužkování. Vryp bílý. Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Lesk skelný až voskový. Bez štěpnosti, má typický lasturnatý lom. Nízká tvrdost ($T = 5,5-6,5$, u zemitých odrůd až 1), velmi nízká hustota ($h = 1,9-2,2$).
- Chemický důkaz: Žiháním rozpráškovaného vzorku ve zkumavce se uvolňuje voda, která kondenzuje na chladnějších stěnách zkumavky. Prášek minerálu (roztírat v achátové třecí misce!) se v přebytku koncentrované HF zcela rozpustí. Pokud byl opál čistý (tj. bez příměsí cizích minerálních fází), odpařením roztoku nezůstává žádný pevný zbytek. V jiných kyselinách se nerozkládá. Tavením s přebytkem sody na Pt-drátku se vytvoří ve vodě rozpustný křemičitan sodný. Bylo-li protavení dokonalé, perlička se bezezbytku rozpustí ve vodě na čirý roztok. Okyselením roztoku (zředěná HCl) se vylučuje gelovitá kyselina křemičitá. Prášek čistého opálu je také rozpustný v horkém koncentrovaném roztoku hydroxidu draselného.

- Minerální asociace: vzniká srážením z vodných roztoků za velmi nízkých teplot blízko zemského povrchu (např. v hydrotermálně alterovaných vulkanických horninách a jejich tufech), též vzniká při zvětrávání silikátových hornin spolu s chalcedonem, oxidy a hydroxidy Fe, Mn a jílovými minerály. Minerál chemogenních sedimentů (schránky rozsivek a mřížovců
- biogenní vznik; gejířity aj. silicity - abiogenní vznik).
- Podobné minerály: chalcedon má jemně vláknitou stavbu, typicky (modro)šedou barvu a neobsahuje vodu. Hnědému opálu může být podobný limonit (vysoký obsah Fe, vyšší hustota).

Kasiterit (cínovec)

- Soustava tetragonální, krystaly dipyramidální, krátce sloupcovité, vzácně jehličkovité, často zdvojitě (,cínovcové kroupy“).
- Agregáty zrnité, nízkoteplotní kasiterit je až kolomorfní (tzv. dřevný cín), valounky v náplavech.
- Chemické složení: SnO_2 , příměsi Fe, Nb, Ta.

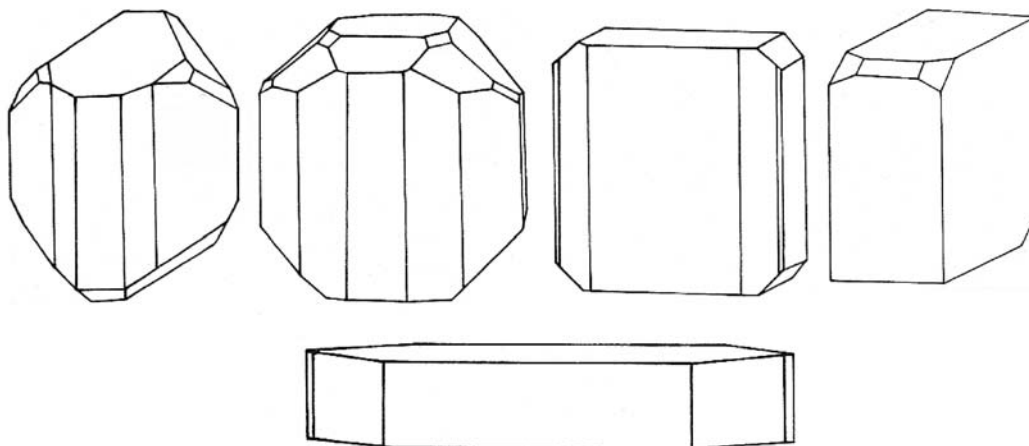


Obr. 4.15. Krystaly kasiteritu. W označeny srostlice.

- Fyzikální vlastnosti: čistý kasiterit je bezbarvý, s rostoucí příměsí Fe se barva mění přes žlutou, hnědou až po černou. Obvykle je černohnědý. Vryp bílý. Světle zbarvené odrůdy jsou průhledné a mají až diamantový lesk, tmavý kasiterit je neprůhledný a má kovový či polokovový lesk. Je bez štěpnosti, lom má nerovný. Vysoká tvrdost ($T = 6-7$) i hustota ($h = 6,3-7,2$). Velmi odolný vůči zvětrávání.
- Chemický důkaz: Chemicky velmi odolný, v kyselinách se neporušuje. Charakteristická je reakce kasiteritu s HCl na zinkovém plechu (destičce), kdy se zrno minerálu pokrývá bílým povlakem vyredukovaného kovového cínu (cínové zrcadlo).
- Minerální asociace: kasiterit vzniká hlavně za vysokých teplot ve specializovaných cínonosných žulách a greisenech a je doprovázejících křemenných žilách. V nich je v asociaci s křemenem, alkalickým živcem, slídami (cínvaldit), topazem, fluoritem, apatitem, wolframitem a sulfidy (hlavně arzenopyritem a molybdenitem). Vyskytuje se i v pegmatitech či skarnech. Z primárních výskytů se dostává do náplavů.
- Podobné minerály: sfalerit je kubický a štěpný, granát je kubický a má nižší hustotu.

Wolframit

- Soustava monoklinická, krystaly tenké až tlustě tabulkovité, krátce sloupcovité.



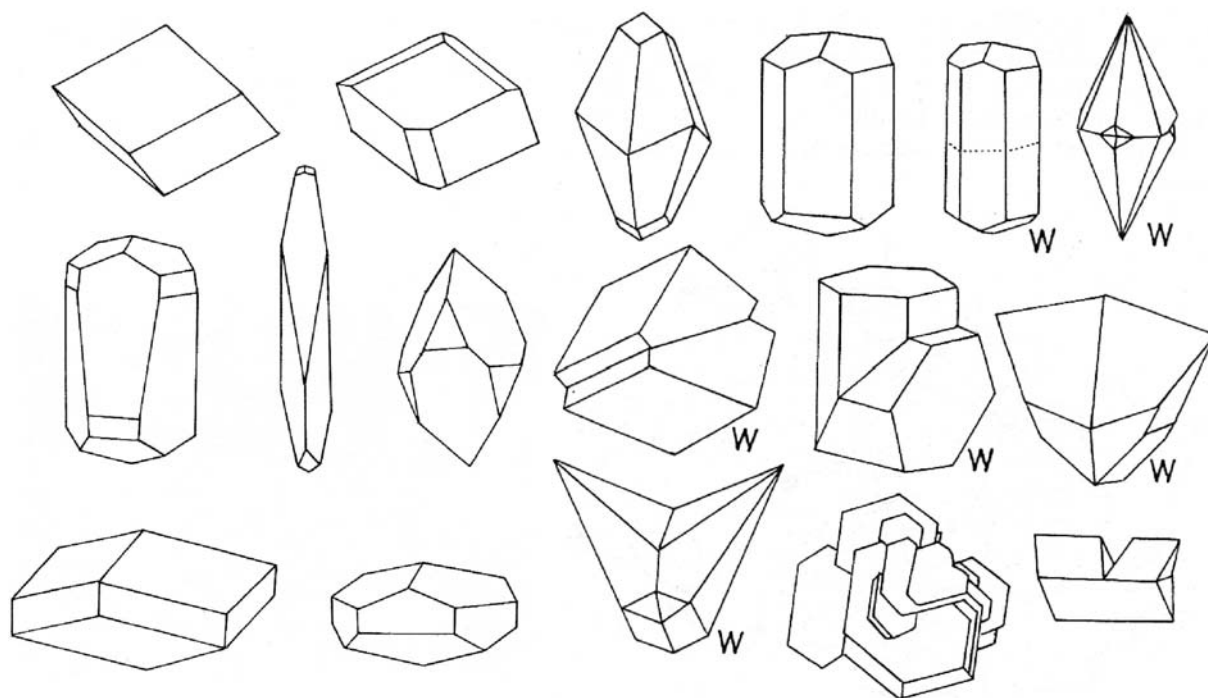
Obr. 4.16. Krystaly wolframitu.

- Agregáty tabulkovité, tabulky někdy paprscitě uspořádané. Těž kusový.
- Chemické složení: $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$, izomorfní směs ferberitu (FeWO_4) a hübneritu (MnWO_4). Příměsí Nb a Ta zpravidla od mikroskopických vrstvic columbitu.
- Fyzikální vlastnosti: tmavě hnědý (hübnerit) až černý (ferberit), vryp hnědočerný až černý. Neprůhledný, křehký. Polokovový lesk, dokonale štěpný podle pinakoidu $\{010\}$, tj. podle jednoho systému rovin. Vysoká hustota ($\rho = 7,2$), tvrdost mezi 5 a 5,5.
- Chemický důkaz: Prášek se rozkládá ve vroucí koncentrované kyselině chlorovodíkové či dusičné, vzniká žlutý roztok (obsah Fe) a žlutý zbytek (WO_3). Přídavkem kovového zinku tekutina zmodrá.
- Minerální asociace: wolframit se vyskytuje zpravidla společně s kasiteritem, molybdenitem, křemenem, cinvalditem, topazem, fluoritem a sulfidy v greisenech a je doprovázejících křemenných žilách. V menším množství též v pegmatitech.
- Podobné minerály: sfalerit je kubický, vytváří zrnité agregáty a je štěpný podle 6 rovin.

4.5. Karbonáty

Kalcit

- Soustava trigonální. Krystaly velmi hojné, často v bohatých drúzách, hlavně ditrigonální skalenoeedry a klence, méně prizmatické krystaly ukončené nízkým klencem („dělový typ“), či tabulky s převládající bází $\{0001\}$. Časté je dvojčatění podle báze $\{0001\}$, podle základního klence $\{10-11\}$ a podle záporného polovičního klence $\{01-12\}$.
- Agregáty zrnité, méně často sloupcovité (sloupce někdy radiálně paprscitě uspořádané). Těž kusový, vláknitý, konkrce, krápníky. Pseudomorfózy po aragonitu, sádrovci, barytu, fluoritu, křemeni. Biogenní minerál (schránky četných organismů), důležitý fosilizační minerál.
- Chemické složení: CaCO_3 , příměsí Mg, Fe, Mn, Sr, Pb, Zn, obvykle do 1 %.
- Fyzikální vlastnosti: typický zbarvený minerál: nejčastěji bezbarvý, bílý, nebo světlé odstíny nejrůznějších barev (nažloutlá, žlutá, růžová, nazelenalá, namodralá, šedá). Těž díky příměsím jiných minerálů červený (s hematitem), hnědý (s limonitem), zelený (s chloritem), černý (s organickou hmotou či grafitem). Bílý vryp (u sytě zbarvených odrůd narůžovělý, nahnědlý, nebo šedý). Skelný lesk na čerstvých štěpných či krystalových plochách, působením vody tyto plochy postupně korodují a „slepnou“, takže mohou být až matné. Dokonalá štěpnost podle klence $\{10-11\}$, tj. podle třech systémů ploch, které navzájem svírají



Obr. 4.17. Krystaly kalcitu. W označeny zákonité dvojčatné srůsty.

úhel odlišný od 90° . Nízká tvrdost ($T = 3$) i hustota ($h = 2,71$). Některé odrůdy svítí v UV záření (zpravidla červeně).

- Chemický důkaz: po navlhčení HCl barví plamen cihlově červeně. Prudce se rozkládá (šumí) již ve studené zředěné HCl. Unikající plyn (CO_2) je bez zápachu a kalí kapku vápenné ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) či barytové ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) vody na tyčince vložené do ústí zkumavky. V roztoku reakce na vápník (po neutralizaci amoniakem a přidavku roztoku kyseliny šťavelové vzniká bílá sraženina šťavelanu vápenatého, snadno rozpustná v minerálních kyselinách). Nedává Meigenovu reakci (prášek nerostu povařen 1-2 minuty v 10% vodném roztoku dusičnanu kobaltnatého se nijak nezbarvuje – srov. aragonit).

- Minerální asociace: jeden z nejhojnějších minerálů vznikající za velmi rozličných podmínek. Je na nízkoteplotních hydrotermálních rudních žilách spolu s křemenem, dalšími karbonáty, barytem, sulfidy a fluoritem. V sedimentech je hlavní složkou vápenců, kde je někdy spolu s dolomitem. V metamorfovaných horninách (mramorech), vzácně je podstatnou složkou vyvřelin (karbonatity) - v obou typech může být v asociaci s dalšími karbonáty a Ca-silikáty (granát, wollastonit, vesuvian, epidot, aj...). Podstata sintrů v jeskyních. Často vzniká při zvětrávání minerálů obsahujících vápník (působením vzdušného CO_2 a vody).

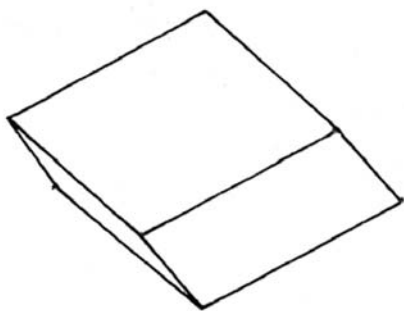
- Podobné minerály: těžko makroskopicky odlišitelný od ostatních trigonálních karbonátů (rozdíly v hustotách, chemickém složení). Křemen není štěpný, živce mají vyšší tvrdost a jsou štěpné podle dvou rovin na sebe kolmých.

Siderit

- Soustava trigonální. Krystaly hojné, často v drúzách, hlavně klence. Krystalové hrany a plochy bývají často zakřivené. Krystalové plochy bývají nerovné, s drúzovitým povrchem.

- Agregáty zrnité. Těž kusový, celistvý či v konkrécích (někdy s radiálně paprscitou stavbou; v sedimentech).

- Chemické složení: FeCO_3 , příměs Mg, Mn, Ca (až desítky % oxidů). V sedimentárních pelosideritech bývá významná příměs křemenného detritu a jílových minerálů.



Obr. 4.18. Krystal sideritu.

- Fyzikální vlastnosti: barva žlutá, žlutohnědá až hnědá, při navětrání hnědočerná až černá. Pelosiderity jsou šedé až černé, při navětrání s hnědou kůrkou. Bílý až nažloutlý vryp (u navětralých vzorků hnědý). Skelný lesk na čerstvých štěpných či krystalových plochách, při navětrání tyto plochy postupně korodují a „slepnou“, takže mohou být až matné. Dokonalá štěpnost podle klence {10-11}, tj. podle třech systémů ploch, které navzájem svírají úhel odlišný od 90°. Nízká tvrdost ($T = 4$), vyšší hustota ($h = 3,96$).
- Chemický důkaz: světle zbarvené odrůdy žiháním ztmavnou až zčernají. Úlomek minerálu se prudce rozkládá (šumí) až v horké HCl, uvolňuje se CO_2 a vzniká nažloutlé či nazelenalé zbarvení kyseliny. Roztok ve zkumavce zežloutne po přidavku peroxidu vodíku. Po neutralizaci roztoku amoniakem vzniká hnědá sraženina hydroxidu železitého.
- Minerální asociace: typický minerál středně- až nízkoteplotních rudních ložisek, kde je v asociaci s křemenem, dalšími karbonáty, sulfidy (galenitem, světlým sfaleritem, pyritem, tetradritem, cinabaritem) a barytem. Konkrete pelosideritů v jílovitých sedimentech či v blízkosti uhelných slojí. Může vznikat i metasomatickým zatlačováním vápenců působením železem bohatých roztoků. Snadno zvětrává, působením vody a vzduchu se mění v limonit.
- Podobné minerály: hnědý kalcit má nižší hustotu a prudce se rozkládá již ve studené zředěné HCl.

Magnezit

- Soustava trigonální. Krystaly vzácné, hlavně klence.
- Agregáty zrnité. Též kusový, celistvý, křídově zemitý.
- Chemické složení: MgCO_3 , příměsí Fe, Ca.
- Fyzikální vlastnosti: barva bílá, našedlá, vryp bílý. Skelný lesk, průsvitný až neprůhledný. Dokonalá štěpnost podle klence {10-11}, tj. podle tří systémů ploch, které navzájem svírají úhel odlišný od 90°. Nízká tvrdost ($T = 3,5$), hustota ($h = 3,1$).
- Chemický důkaz: Úlomek minerálu se prudce rozkládá (šumí) až v horké HCl, přičemž se uvolňuje CO_2 . V roztoku reakce na Mg: přidáme-li k vzniklému roztoku amoniaku do alkalické reakce, vznikne bílá sraženina hydroxidu hořečnatého, která se rozpustí po přidavku chloridu amonného. Reakci ruší přítomnost Ca, Al a Fe (amoniakem se rovněž srážejí, avšak nejsou rozpustné v roztoku chloridu amonného). Zůstane-li po hojném přidavku chloridu amonného sraženina, je nutno ji odfiltrovat, filtrát odpařit, vyžít (odkouřit chlorid amonný), zbytek rozpustit v HCl, a roztok zalkalizovat amoniakem. Vznikne-li sraženina, která se po přidavku chloridu amonného rozpustí, je přítomnost hořčíku jednoznačně prokázána.
- Minerální asociace: hrubě až středně zrnité magnezity v asociaci s (krystalickými) vápenci aj. karbonátovými sedimentárními či metamorfovanými horninami mají hydrotermálně-metasomatický původ. Křídově bílý celistvý či zemitý magnezit vzniká spolu se zelenými fylosilikáty, opálem a chalcedonem při zvětrávání či nízkoteplotní hydrotermální alteraci ultrabazických vyvřelin (olivínovců) či serpentinitů.

- Podobné minerály: monominerální zrnité agregáty jsou makroskopicky neodlišitelné od kalcitu (ten se prudce se rozkládá již ve studené zředěné HCl).

Dolomit

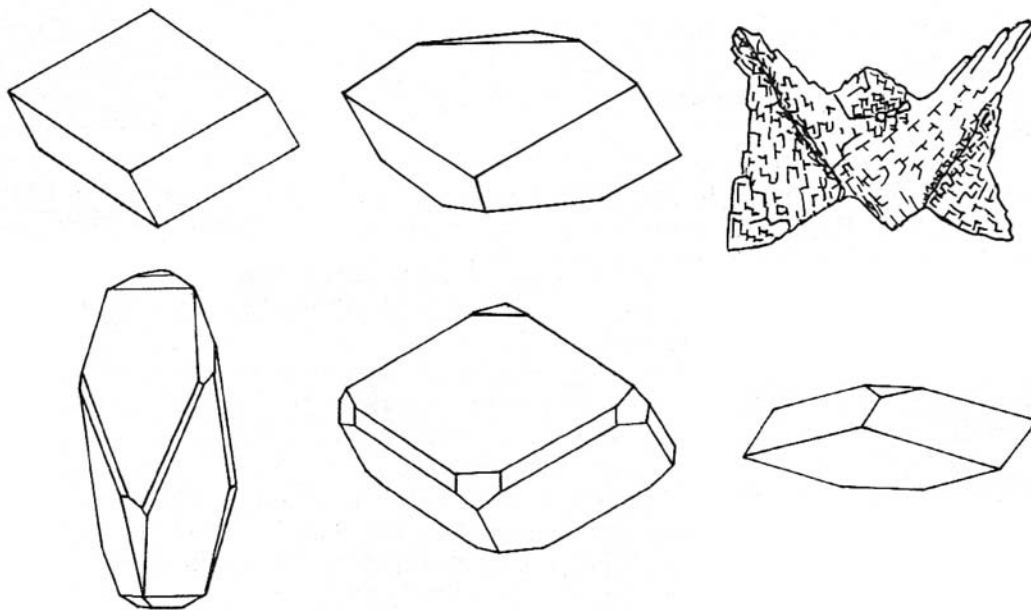
- Soustava trigonální. Krystaly hojné, často v drúzách, tvaru klence. Krystalové hrany a plochy bývají často zakřivené, někdy až sedlovitě („sedlový dolomit“). Krystalové plochy mívají drúzovitý povrch.

- Agregáty zrnité.

- Chemické složení: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, příměsi Fe a Mn (až několik procent oxidů; dokonalá izomorfní míšivost dolomitu, ankeritu a kutnohoritu).

- Fyzikální vlastnosti: barva bílá, nažloutlá, načervenalá, našedlá, vryp bílý. Skelný lesk, na štěpných plochách až perleťový. Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Dokonale štěpný podle klence {10-11}, tj. podle třech systémů ploch, které navzájem svírají úhel odlišný od 90° . Nízká tvrdost ($T = 3,5$) i hustota ($h = 2,85$).

- Chemický důkaz: Úlomek nerostu se ve studené zředěné HCl prakticky nerozkládá. Silná reakce (intenzivní šumění) až v horké HCl. V roztoku reakce na Ca (viz kalcit) a Mg (viz magnezit).



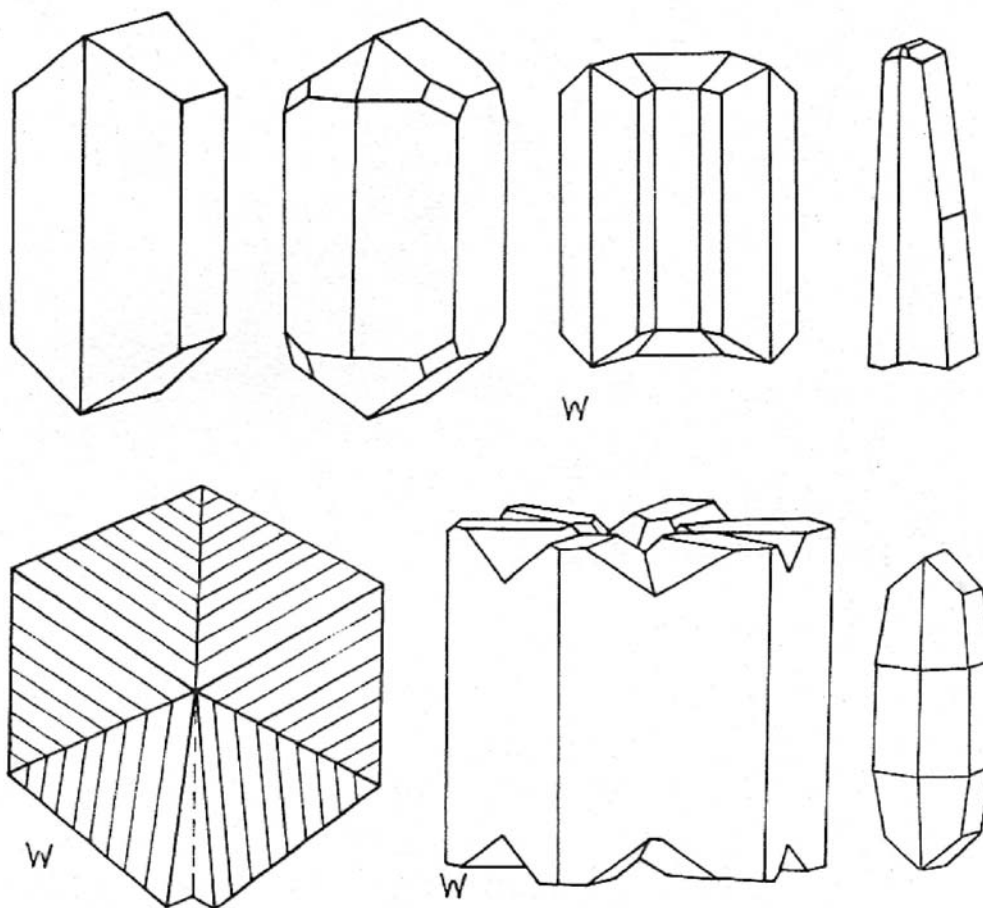
Obr. 4.19. Krystaly dolomitu.

- Minerální asociace: minerál nízkoteplotních hydrotermálních rudních žil, kde je spolu s dalšími karbonáty (kalcitem, sideritem), křemenem a sulfidy. V sedimentárním prostředí vzniká dolomitizací vápenců. Metamorfózou sedimentárních dolomitů vzniká krystalický dolomit (analog krystalického vápence - mramoru).

- Podobné minerály: zrnité agregáty jsou makroskopicky neodlišitelné od kalcitu (ten se prudce se rozkládá již ve studené zředěné HCl).

Aragonit

- Soustava rombická. Krystaly hojné, často v drúzách, převážně sloupcovité či jehlicovité. Dvojčata podle {110}, též cyklické prorostlice tří krystalů s pseudohehexagonálním obrysem.



Obr. 4.20. Krystaly aragonitu. W označeny dvojčata či penetrační prorostlice. Vlevo dole příčný průřez cyklickou srostlicí tří krystalů s pseudohexagonálním obrysem.

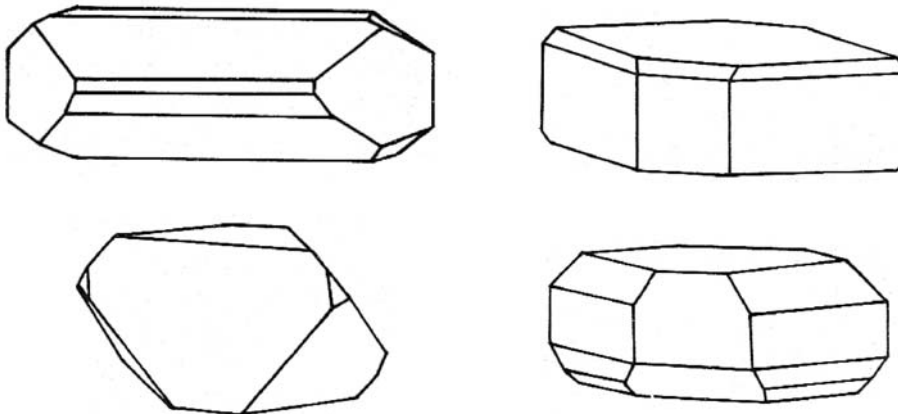
- Agregáty sloupcovité, stébelnaté, jehlicovité (protažená individua jsou často uspořádána radiálně paprscitě). Též celistvý se zřetelnou růstovou stavbou (vřídlovec), pisolitický (hrachovec), keříčkovitý (železný květ). Též biogenní minerál (tvoří schránky některých organismů).
- Chemické složení: CaCO_3 , příměs Sr, Ba.
- Fyzikální vlastnosti: barva bílá, nažloutlá, narůžovělá, namodralá, nazelenalá, šedá, nebo je bezbarvý. Bílý vryp. Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Skelný lesk, na nerovných lomných plochách až mastný lesk. Bez štěpnosti, lom nerovný. Nízká tvrdost ($T = 3,5-4$) i hustota ($h = 2,95$). Mnohé vzorky světélkují zelenobíle v UV záření.
- Chemický důkaz: stejné reakce jako kalcit. Odlišení od kalcitu: prášek nerostu vařen 1-2 minuty v 10% vodném roztoku dusičnanu kobaltnatého se barví modře či fialově (Meigenova reakce).
- Minerální asociace: Minerál hydrotermálního původu, vznikající za nízkých teplot v přípovrchových podmínkách. Pozdní primární minerál na rudních žilách Pb-Zn, vzniká též při zvětrávání v gossanu těchto ložisek (spolu se sulfáty, limonitem, aj. sekundáry). Hojný bývá v dutinách hydrotermálně alterovaných čedičů a jejich tufů (spolu s kalcitem, zeolity, barytem, aj.). Produkt termálních pramenů a gejzírů (vřídlovec, hrachovec). V sedimentárním prostředí bývá součástí schránek organismů (včetně perleti), a též v solných, sádrovcových a síronosných jílech.
- Podobné minerály: křemen má vyšší tvrdost a lepší chemickou stálost. Od kalcitu se liší absencí štěpnosti.

Malachit

- Soustava monoklinická. Krystaly vzácné, jehlicovité.
- Agregáty jehlicovité (protažená individua jsou často uspořádána radiálně paprscitě) či práškovité. Těž ledvinitý či celistvý, někdy se zřetelnou růstovou stavbou, krápníky, povlaky.
- Chemické složení: $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
- Fyzikální vlastnosti: barva zelená v různých odstínech (světle zelená, trávově zelená, černozeleň), vryp bledě zelený. Jehlicovité krystalky a agregáty mají skelný lesk, práškovité povlaky jsou matné. Křehký. Štěpný podle bazálního pinakoidu $\{001\}$, tj. podél jednoho systému rovin. Tvrdost 3,5-4, hustota 4,05.
- Chemický důkaz: úlomek nerostu ovlhčený HCl barví nesvítivý plamen modře či modrozeleně. Úlomek nerostu se již ve studené zředěné HCl intenzívně rozkládá (silně šumí), uniká CO_2 a vzniká zelené zbarvení kyseliny. Zalkalizováním vzniklého roztoku amoniakem vzniká intenzívně modré zbarvení roztoku (komplex diaminměďnatý).
- Minerální asociace: Malachit je sekundární minerál rudních ložisek obsahujících primární minerály mědi (ryzí měď, chalkopyrit, bornit, chalkozín). Vyskytuje se v asociaci s limonitem, azuritem, kupritem, ryzí mědí, sádrovcem, druhotnými minerály Pb, aj.).
- Podobné minerály: jiné (modro)zelené sekundární minerály Cu (chryzokol, brochantit, langit, aj.).

Azurit

- Soustava monoklinická. Krystaly tabulkovité a sloupcovité.



Obr. 4.21. Krystaly azuritu.

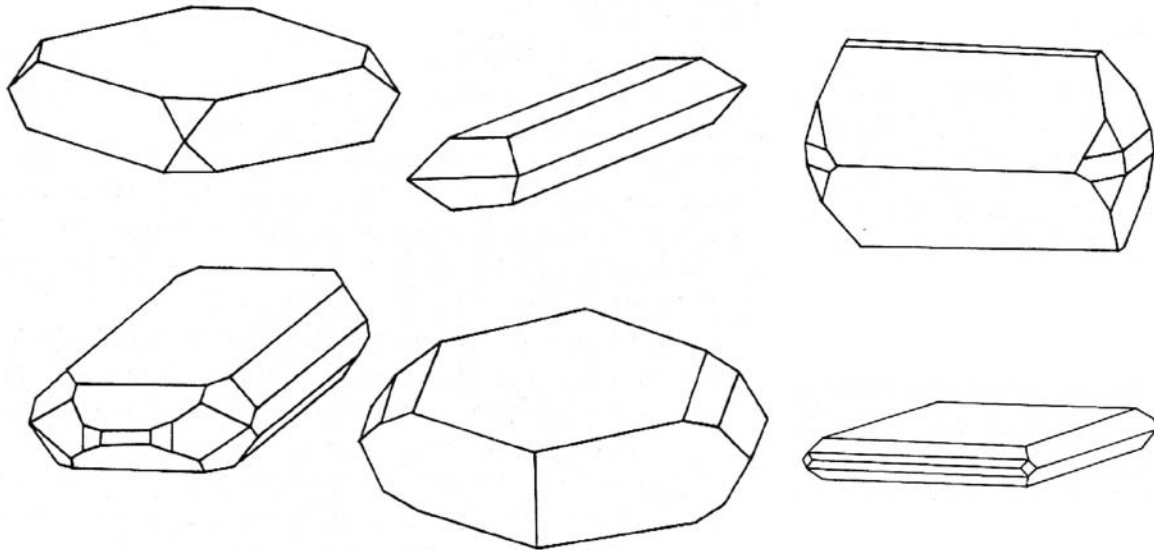
- Agregáty zrnité či práškovité. Těž celistvý, v povlacích.
- Chemické složení: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
- Fyzikální vlastnosti: barva modrá (krystaly až černě modré, práškovité agregáty světle modré), vryp modrý. Krystaly mají často silný skelný lesk, práškovité agregáty jsou matné. Křehký. Štěpný podle pinakoidu $\{100\}$, tj. podél jednoho systému rovin. Tvrdost 3,5, hustota 3,8.
- Chemický důkaz: úlomek nerostu ovlhčený HCl barví nesvítivý plamen modře až modrozeleně. Úlomek nerostu se již ve studené zředěné HCl intenzívně rozkládá (silně šumí), uniká CO_2 a kyselina se zbarví zeleně. Zalkalizováním vzniklého roztoku amoniakem vzniká intenzívně modré zbarvení roztoku (komplex diaminměďnatý).
- Minerální asociace: Azurit je sekundární minerál, vyskytující se v oxidační zóně rudních ložisek obsahujících minerály mědi (ryzí měď, chalkopyrit, bornit, chalkozín). Vyskytuje se v asociaci s limonitem, malachitem, kupritem, ryzí mědí, sádrovcem, druhotnými minerály Pb, aj.).

- Podobné minerály: modrou barvu mají také povlaky dalších (vzácnějších) sekundárních minerálů mědi

4.6. Sulfáty

Baryt

- Soustava rombická. Krystaly hojné, často v bohatých drúzách, obvykle tenké až tlusté tabulkovité podle bazálního pinakoidu $\{001\}$, méně často prizmatické (jehlicovité, sloupcovité) podle osy a .



Obr. 4.22. Krystaly barytu.

- Agregáty tabulkovité, lupenité, deskovité. Těž kusový, zrnitý, či celistvý, někdy i vláknitý s radiálně paprsovitou vnitřní stavbou (konkrece v sedimentech).

- Chemické složení: BaSO_4 , příměsi Sr (izomorfní míšivost s celestinem SrSO_4 , též příměsi Ca, Pb).

- Fyzikální vlastnosti: barva zpravidla světlá v různých odstínech: bezbarvý, bílý, narůžovělý, namodralý, nažloutlý, nahnědlý, masově červený (hematitový pigment). Vryp bílý.

Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Skelný lesk. Křehký, dokonale štěpný podle pinakoidu $\{001\}$ a prizmatu $\{210\}$, tj. podle tří rovin. Vysoká hustota ($\rho = 4,3-4,7$) a nízká tvrdost ($T = 3,5$).

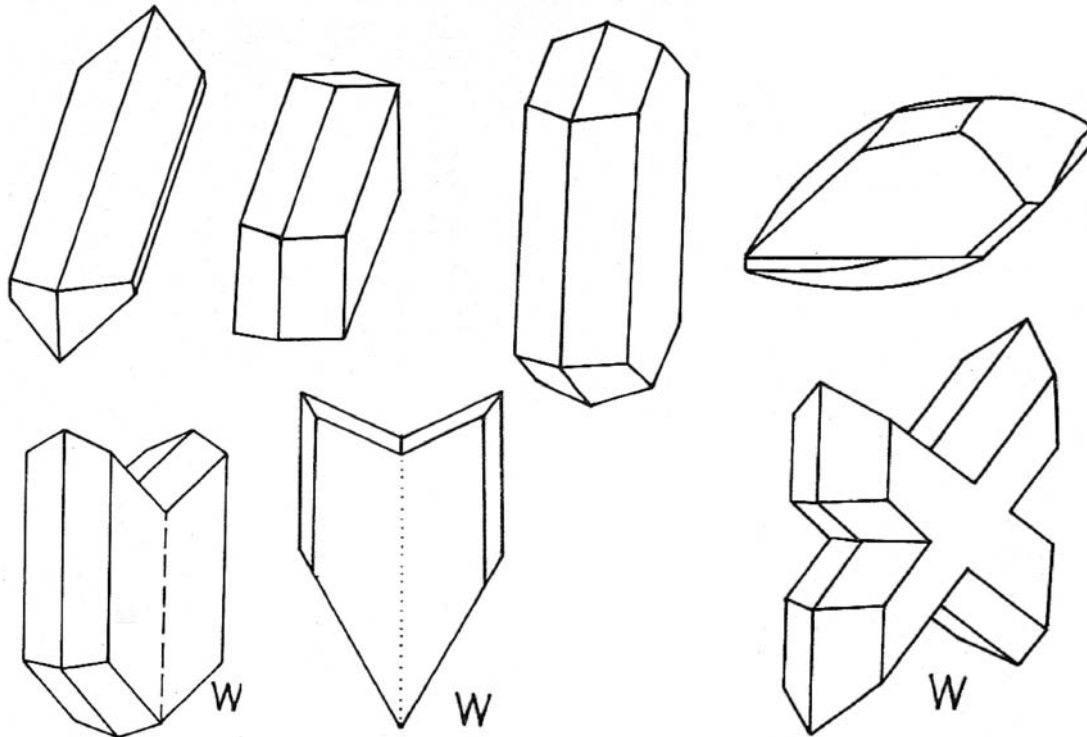
- Chemický důkaz: úlomek nerostu ovlhčený HCl se v plameni rozstříkuje a přitom ho zbarvuje žlutozeleně (Ba). V kyselinách se nerozkládá, prášek se omezeně rozpouští toliko v horké koncentrované kyselině sírové. Rozpráškovaný minerál lze rozložit tavením s přebytkem bezvodého uhličitanu sodného. Taveninu vyloužíme vodou. Nerozpustný podíl odfiltrujeme, promyjeme vodou a rozpustíme ve zředěné HCl (nebylo-li protavení dokonalé, zůstane bílý zbytek). Po přidavku roztoku kyseliny sírové či síranu se vyloučí bílá sraženina síranu barnatého. Ve filtrátu (zbylém po vyloužení sodné taveniny) lze po okyselení HCl dokázat přidavkem vodného roztoku chloridu (dusičnanu) barnatého síranové anionty (utvoří se bílá sraženina síranu barnatého).

- Minerální asociace: baryt je minerál nízkoteplotních hydrotermálních rudních ložisek, kde se vyskytuje v asociaci s křemenem, karbonáty, sulfidy či fluoritem. V sedimentárním prostředí vytváří konkrce v jílech (často provázené sádrovcem).

- Podobné minerály: tabulkovitý sádrovec má mnohem nižší hustotu, je štěpný jen podle jedné roviny, má nižší tvrdost a obsahuje vodu. Kalcit zpravidla nevytváří tabulkovité agregáty, má nižší hustotu, štěpnost podle klence a šumí v HCl.

Sádrovec

- Soustava monoklinická. Krystaly hojné, zpravidla tabulkovité či pravítkovité podle brachypinakoidu {010}, s převahou ploch prizmat. Častá dvojčata podle {100} s charakteristickým tvarem „vlaštovčího ocasu“. Krystalové plochy jsou často korodované, matné, hrany a rohy jakoby otavené, zaoblené (díky zdatelné rozpustnosti ve vodě).



Obr. 4.22. Krystaly sádrovce. W jsou zákonité srůsty.

- Agregáty tabulkovité, deskovité, zrnité. Též kusový, vláknitý či celistvý. Květákovité konkrce v jílech.

- Chemické složení: $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

- Fyzikální vlastnosti: barva obvykle světlá v různých odstínech: bezbarvý, bílý, nažloutlý, šedý (díky příměsí jílu). Vryp bílý. Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Skelný až perleťový lesk, velmi dokonalá (slídovitá) štěpnost podle pinakoidu {010}, tj. podle jednoho systému rovin. Nízká tvrdost ($T = 1-1,5$) i hustota ($h = 2,32$). Omezeně rozpustný ve vodě.

- Chemický důkaz: úlomek nerostu ovlhčený HCl zbarvuje nesvitivý plamen cihlově červeně (Ca). Průhledný úlomek nerostu se žiháním zakalí a zbledne. Žiháním ve zkumavce se uvolňuje vodní pára, která kondenzuje na stěnách zkumavky. Prášek minerálu (množství na špičku nože) rozpustíme v horké HCl okyselené vodě a k horkému roztoku přilijeme vodný roztok chloridu barnatého. Vyloučí se bílá sraženina síranu barnatého.

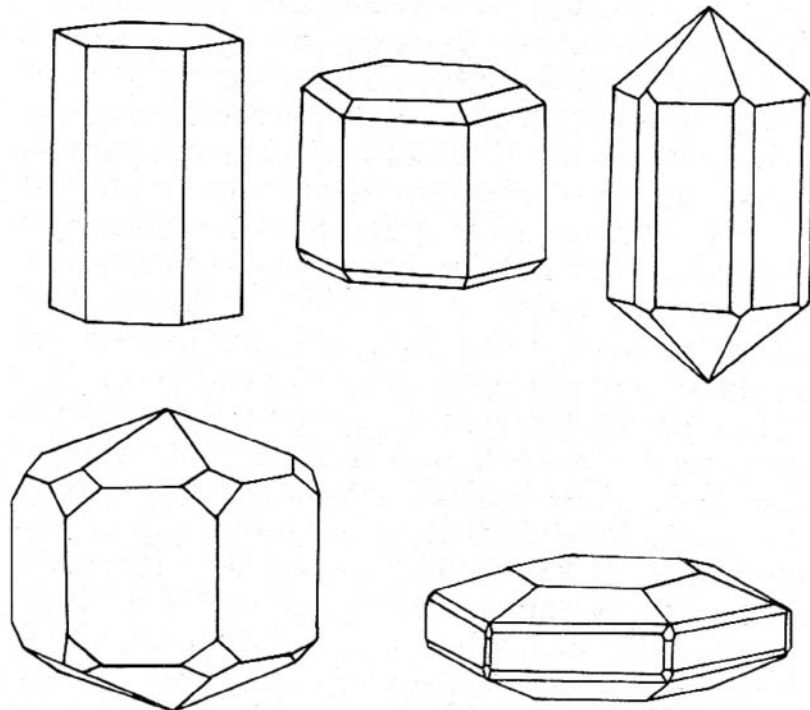
- Minerální asociace: minerál chemogenních sedimentů, hlavně mořských evaporitů, kde je ve společnosti anhydritu, halitu, sylvínu aj. solí. Též hojný druhotný minerál všude tam, kde zvětrávají obecné sulfidy (rudní ložiska, pyritem bohaté horniny) v blízkosti kalcitu či jiných karbonátů.

- Podobné minerály: baryt má vyšší hustotu, štěpnost podle tří rovin, vyšší tvrdost a neobsahuje vodu. Kalcit má vyšší hustotu, štěpnost podle tří rovin a šumí v HCl. Tabulky slíd mají vyšší tvrdost, lupínky jsou pružné a vyskytují se v silikátových horninách spolu s křemenem, živci aj. silikáty.

4.7. Fosfáty

Apatit

- Soustava hexagonální. Krystaly hojné, tlustě tabulkovité, sloupcovité či jehlicovité. Spojky hexagonálního prizmatu s bazálním pinakoidem, a příp. i dipyramidálními plochami.
- Agregáty zrnité, celistvé, zemité. Těž kusový. Konkrece (někdy s radiálně paprscitou vnitřní stavbou) v sedimentech - fosfority. Kostry některých organismů.
- Chemické složení: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$, příměsí Mn, Fe, REE
- Fyzikální vlastnosti: barva obvykle světlá v různých odstínech: bezbarvý, bílý, nazelenalý, namodralý, nažloutlý, nafialovělý. V sedimentech i šedý až černý (příměs organické hmoty). Vryp bílý. Skelný až mastný lesk. Bez štěpnosti. Tvrdost = 5, hustota vyšší ($\rho = 3,2$).
- Chemický důkaz: úlomek nerostu ovlhčený HCl zbarvuje nesvítivý plamen cihlově červeně (Ca). Prášek minerálu rozložíme povařením v horké konc. HNO_3 či HCl. Zředíme trochou vody, povaříme a přidáme roztok molybdenanu amonného. Roztok zežloutne a po chvíli se vyloučí žlutá sraženina fosfomolybdenanu amonného (důkaz fosforu).
- Minerální asociace: jako akcesorie je přítomen prakticky ve všech horninách vyvěřelých, metamorfovaných i sedimentárních. Větší krystaly jsou v pegmatitech (spolu s křemenem,



Obr. 4.23. Krystaly apatitu.

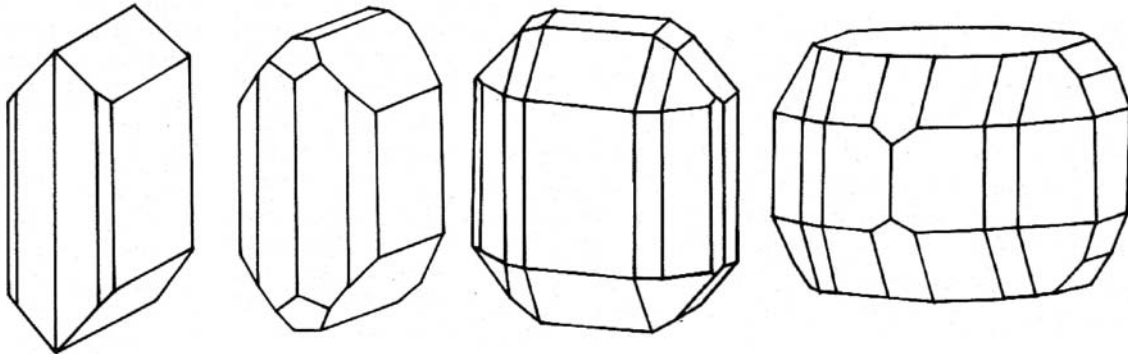
živci, slídami, aj. minerály), greisenech (s křemenem, kasiteritem, cinvalditem). Krystaly na puklinách metamorfovaných hornin (tzv. alpská mineralizace s křemenem, kalcitem, epidotem, titanitem, zeolity). Apatit je hlavní složkou chemogenních sedimentárních hornin – fosforitů, též vytváří konkrece spolu s rodochrozitem, sideritem či barytem v jílovcích.

- Podobné minerály: žluté či zelené sloupcovité krystaly vytváří beryl, který má vyšší tvrdost i chemickou odolnost (nerozpustný v běžných minerálních kyselinách).

4.8. Silikáty

Olivín

- Soustava rombická. Krystaly vzácné, tlustě tabulkovité, či krátce sloupcovité.



Obr. 4.24. Krystaly olivínu.

- Agregáty zrnité, též jako izolovaná nepravidelná zrna.

- Chemické složení: $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$, směs dvou izomorfně se mísících složek: Fe_2SiO_4 – **fayalit**, Mg_2SiO_4 – **forsterit**, přírodní olivíny obsahují cca 10–20 % fayalitu. Kromě toho přiměsí Ni.

- Fyzikální vlastnosti: čistý forsterit je bezbarvý, čistý fayalit černý, běžný olivín je žlutozelený až tmavozelený, při navětrání hnědne (oxidace Fe). Vryp bílý. Skelný lesk, bez štěpnosti, lom nerovný, průsvitný, někdy průhledný. Tvrdost = 6-6,5, hustota = 3,2-4,4.

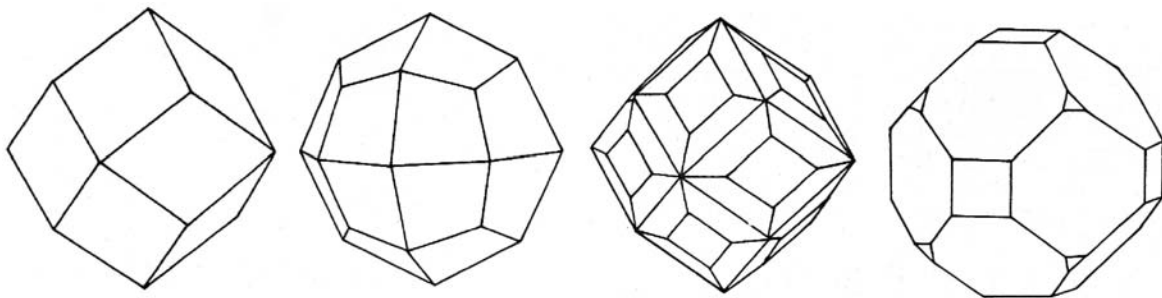
- Chemický důkaz: v kyselinách je částečně rozložitelný (zůstává pevná kyselina křemičitá). Lehce rozložitelný tavením se sodou a vyloužením ve zředěné HCl. V roztoku reakce na Fe (viz siderit) a/nebo Mg (viz magnezit). Též perličková zkouška na Fe.

- Minerální asociace: olivín je důležitý horninotvorný minerál tmavých bazických a ultrabazických vyvřelých hornin, v nichž je v asociaci s pyroxeny, amfiboly, bazickými plagioklasy a spinelidy (čediče, gabra, peridotity, lherzolity). Forsterit též vzniká metamorfózou v dolomitických mramorech či krystalických dolomitech (kde je v asociaci s karbonáty, spinelidy, granátem, diopsidem, aj. silikáty). Snadno podléhá hydratačním přeměnám (zejména serpentinizaci). Nikdy není v asociaci s křemenem.

- Podobné minerály: křemen má vyšší tvrdost, nevětrá, a nevyskytuje se ve velkém množství v tmavých horninách.

Granáty

- Soustava kubická. Krystaly hojné, i zarostlé v horninách (granát je krystalizačně „silný“ minerál). Rombické dodekaedry, tetragon-trioktaedry, a jejich spojky.



Obr. 4.25. Krystaly granátu.

- Agregáty zrnité.
 - Chemické složení: granáty jsou skupina izomorfne se mísících minerálů s obecným vzorcem $X_3Y_2(SiO_4)_3$, kde $X^{(2+)}$ může být Mg, Fe, Mn, Ca a $Y^{(3+)}$ může být Al, Fe, Cr, V.
- Nejdůležitější zástupci:

Pyrop (český granát) $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$

Almandin $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$

Spessartin $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$

Grossular $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$

Andradit $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$

Uvarovit $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$

- Fyzikální vlastnosti: barva různá, nejčastěji červené odstíny. Pyrop krvavě červený, almandin červený až nafialovělý, grossular bílý, nazelenalý, varieta s obsahem Fe (hesonit) je červený až oranžový, andradit je tmavočervený až černý, uvarovit zelený. Vryp bílý. Skelný lesk, bez štěpnosti, lom nerovný. Vysoká tvrdost ($T = 7-7,5$), vyšší hustota ($h = 3,4-4,5$).
- Chemický důkaz: s kyselinami nereagují, rozklad lze provést tavením se sodou. V HCl výluhu taveniny možno dokázat jednotlivé kationty. Též perličkové zkoušky (Fe, Cr).
- Minerální asociace: nejběžnějším granátem je almandin (granáty v rulách, svorech, granulitech aj. horninách). V pegmatitech mají granáty krom almandinové též vysoký obsah spessartinové složky. Pyrop je v ultrabazikách (resp. v z nich vzniklých serpentinitech). Andradit je v metamorfitech bohatých na Fe, hlavně ve skarnech (spolu s magnetitem, pyroxenem diopsid-hedenbergitové řady aj. minerály). Grossular (resp. hesonit) je v erlanech a kontaktních skarnech (na kontaktu granitového magmatu a vápenců/mramorů (spolu s diopsidem-hedenbergitem, wollastonitem, vesuvianem, epidotem, aj. minerály). Uvarovit v serpentinitech. Odolný vůči zvětrávání, proto bývá i součástí klastického podílu sedimentů.
- Podobné minerály: kasiterit má jiný tvar krystalů, vyšší hustotu. Staurolit vytváří sloupcovité krystaly s kosočtvercovým průřezem.

Turmalíny

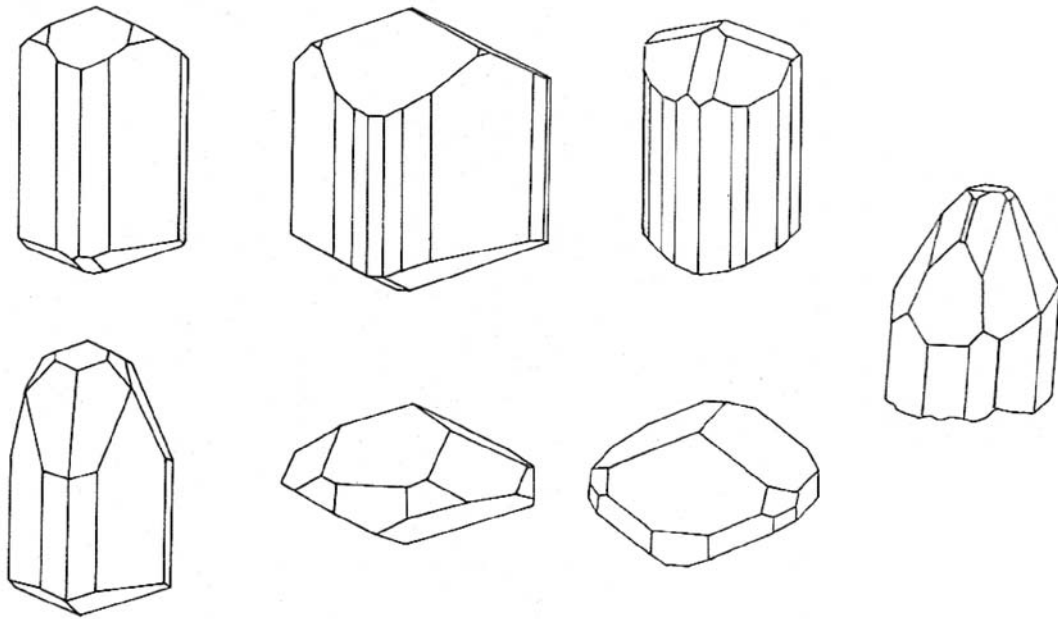
- Soustava trigonální. Krystaly obvykle dlouze sloupcovité, s převahou prizmatických ploch, často na plochách prizmatu podélně (tj. paralelně s protažením krystalu) rýhované. Ukončené plochami klenců, na obou koncích krystalu příznačně jinak morfologicky vyvinutých (hemiedrie daná absencí horizontální roviny souměrnosti). Též krátce sloupcovité až izometrické (čočkovité) krystaly.
- Agregáty sloupcovité, stébelnaté, jehlicovité, někdy i zrnité. Protažená individua někdy uspořádána radiálně paprscitě (turmalínová slunce).
- Chemické složení: turmalíny jsou skupina chemicky složitých vodnatých borosilikátů

Skoryl – $NaFe_3Al_6Si_6O_{18} (BO_3)_3 (OH)_4$

Dravit - $NaMg_3Al_6Si_6O_{18} (BO_3)_3 (OH)_4$

Elbait – $Na(Li,Al)_3Al_6Si_6O_{18} (BO_3)_3 (OH)_4$

- Fyzikální vlastnosti: skoryl je černý, dravit hnědý, elbait různé barvy (rubelit růžový, indigolit modrý, verdelit zelený, achroit bezbarvý). Krystaly jsou často barevně zonální. Vryp bílý. Světlé odrůdy jsou průhledné, nebo alespoň průsvitné, tmavé neprůhledné. Skelný lesk, bez štěpnosti, lom nerovný. Vysoká tvrdost ($T = 7$), vyšší hustota ($3,10-3,25$).
- Chemický důkaz: v kyselinách se turmalíny nerozkládají. Žiháním ve zkumavce se uvolňuje voda. Po vytavení se sodou reakce na železo či hořčík. U elbaitu plamenná zkouška na Li.



Obr. 4.26. Krystaly turmalínu.

- Minerální asociace: skryl je minerál kyselých vyvřelých hornin (granity, pegmatity) a z nich vzniklých metamorfítů (ortoruly), v nichž je v asociaci s křemenem, živci, muskovitem, příp. dalšími minerály. Dravit v mramorech. Elbait je typický minerál tzv. lithných pegmatitů (spolu s lepidolitem, aj. pegmatitovými minerály).
- Podobné minerály: sloupcovité amfiboly a pyroxeny jsou štěpné podle vertikálního prizmatu $\{110\}$. Jejich krystaly nejsou vertikálně rýhované.

Pyroxeny

- Soustava monoklinická (klinopyroxeny) či rombická (ortopyroxeny). Krystaly krátce sloupcovité až izometrické, ojediněle dlouze sloupcovité.
- Agregáty krátce sloupcovité, či zrnité.
- Chemické složení: souborný název pro skupinu bezvodých inosilikátů s obecným vzorcem $ABSi_2O_6$, kde $A = Ca, Fe^{2+}, Li, Mg, Na$ a $B = Al, Cr, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mg, Mn^{2+}, Sc$. Část křemíku může být nahrazena hliníkem.

Monoklinické pyroxeny (klinopyroxeny):

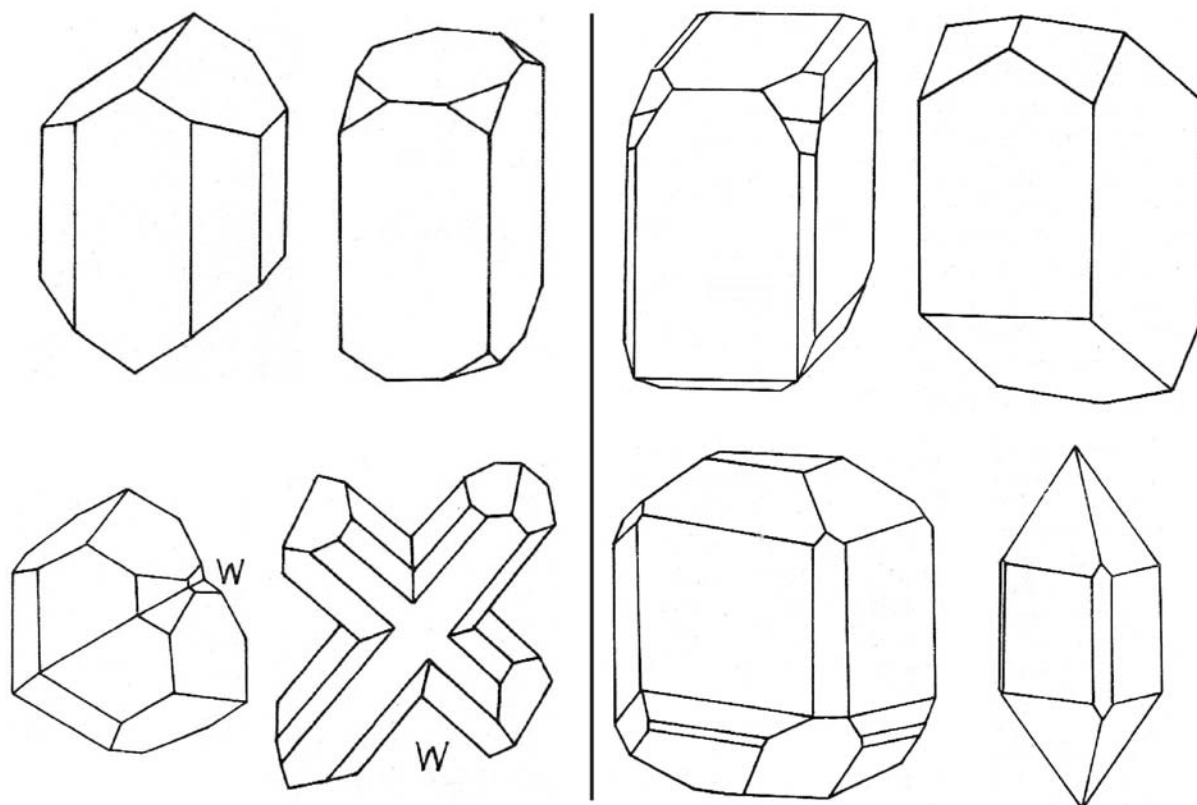
Diopsid $CaMgSi_2O_6$, šedozelený; erlany, mramory, vyvřelé horniny

Hedenbergit $CaFeSi_2O_6$, izomorně se dokonale mísí s diopsidem, černozelelý; ve skarnech **Augit** $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al, Ti)[(Si, Al, Fe)_2O_6]$, černý; v čedičích

Rombické pyroxeny (ortopyroxeny)

Enstatit $Mg_2Si_2O_6$ a **ferosilit** $Fe_2Si_2O_6$ se dokonale izomorně mísí, barva různá podle složení (En bílý, Fs černý – běžný ortopyroxen je slámově žlutý, šedozelený, bronzově hnědý); bazické a ultrabazické horniny (gabra, serpentinity).

- Fyzikální vlastnosti: Barva pyroxenů obecně závisí na chemickém složení, s přibývajícím obsahem železa tmavne. Obvykle zelená, šedozelená, hnědá až černá, též slámová. Vryp bílý, nazelenalý, šedý. Průsvitný až neprůhledný. Lesk skelný. Dokonalá štěpnost podle prizmatu $\{110\}$, tj. podle dvou systémů rovin, orientovaných paralelně s protažením krystalu (zrna).



Obr. 4.27. Krystaly pyroxenů (vlevo augit, vpravo diopsid). W označeny dvojčata.

Tyto dva systémy štěpných ploch svírají navzájem úhel cca 90°. Tvrdost 5,5-6, hustota vyšší (3,1-3,5).

- Chemický důkaz: Chemické zkoušky je nutno volit s ohledem na složení konkrétního minerálního druhu. Rozložit je lze buď v HF, nebo tavením se sodou. Vápenaté pyroxeny barví plamen po navlhčení HCl cihlově červeně (Ca). Barvicí kovy (zejm. železo) možno prokázat perličkovými zkouškami. Pyroxeny jsou bezvodé, tj. žíháním prášku ve zkumavce se neuvolňuje vodní pára.

- Minerální asociace: pyroxeny jsou důležité horninotvorné minerály, vyskytující se hlavně v bezkřemenných bazických vyvřelinách (čediče, gabra, pyroxenity) a metamorfitech (skarny, erlany, eklogity). Jsou nejčastěji v asociaci s dalšími silikáty (granáty, živce, amfiboly, olivín), kalcitem, oxidy železa a titanu. Hydratací se přeměňují v amfiboly, chlority, minerály serpentínové skupiny či v epidot.

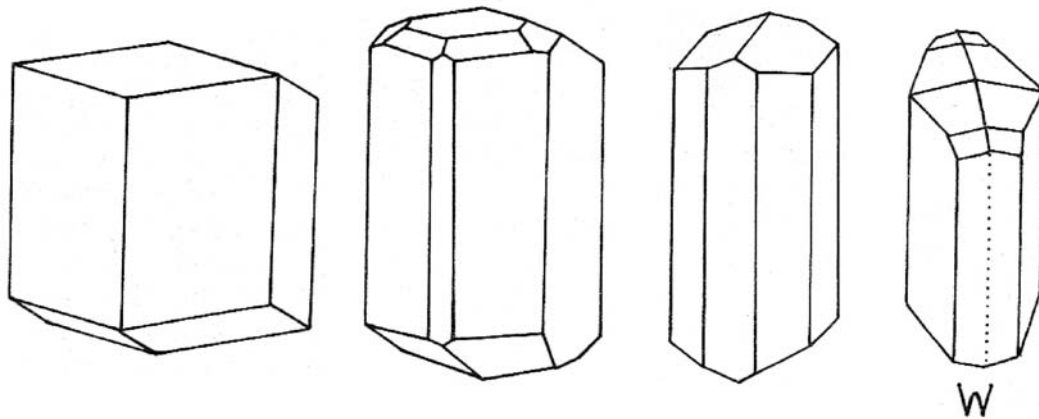
- Podobné minerály: amfiboly vytvářejí zpravidla dlouze sloupcovité krystaly a agregáty a jsou štěpné podle dvou systémů štěpných rovin, které spolu svírají úhel přibližně 120°. Biotit je tabulkovitý až šupinovitý, štěpný podle jednoho systému štěpných rovin.

Amfiboly

- Soustava monoklinická (klinoamfiboly) či rombická (ortoamfiboly). Krystaly dlouze sloupcovité, jehlicovité, s převahou ploch prizmatu.

- Agregáty dlouze sloupcovité, jehlicovité, vláknité („amfibolový azbest“), někdy i zrnité.

- Chemické složení: souborný název pro skupinu vodnatých inosilikátů s obecným vzorcem $A_{0-1}B_2Y_5Z_8O_{22}(OH,F,Cl)_2$, kde A = Ca, Na, K, B = Ca, Fe²⁺, Li, Mg, Mn²⁺, Y = Al, Cr, Fe²⁺, Fe³⁺, Mg, Mn²⁺, Ti, Z = Si, částečně i Al či Ti.



Obr. 4.28. Krystaly amfibolů. W - dvojčatný srůst.

Monoklinické amfiboly (tzv. klinoamfiboly):

Tremolit – $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, bílý až šedý, v mramorech

Feroaktinolit $\text{Ca}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ se izomorfně mísí s tremolitem, směs se pak nazývá **aktinolit** (zelený, v aktinolitických a zelených břidlicích). Jemně vláknitá odrůda s vláknky navzájem propletenými = nefrit, velmi houževnatá, průsvitná, používaná v pravěku k výrobě nástrojů a zbraní.

„Obecný amfibol“ – obyčejný černý horninotvorný klinoamfibol, většinou složitá chemická směs (izomorfie). $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K})_{2-3}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{F})_2]$. Pěkné krystaly v čedičových tufech.

Rombické amfiboly (ortoamfiboly)

Antofylit – $(\text{Mg}, \text{Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, bílý až šedý, reakční lemy na kontaktech kyselých vyvřelin s ultrabazickými horninami.

- Fyzikální vlastnosti: Barva amfibolů obecně závisí na chemickém složení, s přibývajícím obsahem železa tmavne. Obvykle světle až tmavě zelená, hnědá až černá, též bílá nebo je amfibol až bezbarvý. Vryp bílý, nazelenalý, šedý. Průsvitný až neprůhledný. Lesk skelný. Dokonalá štěpnost podle prizmatu $\{110\}$, tj. podle dvou systémů rovin, orientovaných paralelně s protažením krystalu (zrna). Tyto dva systémy štěpných ploch svírají navzájem úhel cca 120° . Tvrdost 5-6, hustota vyšší (3,1-3,5).

- Chemický důkaz: Chemické zkoušky je nutno volit s ohledem na složení konkrétního minerálního druhu. Rozložit je lze buď v HF, nebo tavením se sodou. Vápenaté amfiboly barví plamen po navlhčení HCl cihlově červeně (Ca). Barvicí kovy (zejm. železo) možno prokázat perličkovými zkouškami. Amfiboly obsahují hydroxyl, tj. žíháním prášku ve zkumavce se uvolňuje vodní pára.

- Minerální asociace: amfiboly jsou důležité horninotvorné minerály, hlavně ve vyvřelinách (diority, křemenné diority, čediče, gabra, amfibolovce) a metamorfitech (amfibolity, amfibolické ruly, zelené břidlice). Jsou nejčastěji v asociaci s dalšími silikáty (živce, pyroxeny, biotit, epidot), křemenem, či karbonáty. Vznikají často hydratací pyroxenů (tzv. uralitizace), samy se mohou přeměňovat v chlority

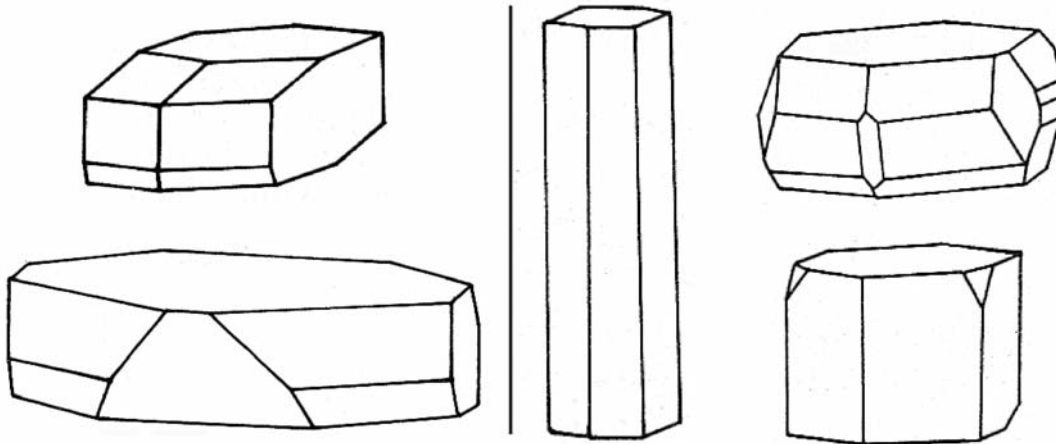
- Podobné minerály: pyroxeny vytvářejí zpravidla krátce sloupcovité až izometrické krystaly a agregáty a jsou štěpné podle dvou systémů štěpných rovin, které spolu svírají úhel přibližně 90° .

Mastek

- Soustava triklinická. Krystaly vzácné, tabulkovité, pseudohehexagonálního tvaru.
- Agregáty lupenité, šupinkovité, celistvé.
- Chemické složení: $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
- Fyzikální vlastnosti: barva obvykle světlá v různých odstínech, nejčastěji bílá, nazelenalá, našedlá. Vryp bílý. Průsvitný až neprůhledný. Lesk mastný, na štěpných plochách hrubých krystalů či agregátů perleťový. Na omak jakoby mastný (podmíněno hladkostí povrchu minerálních agregátů). Dokonalá štěpnost podle bazálního pinakoidu $\{001\}$, tj. podle jednoho systému rovin. Štěpné lupínky jsou ohebné. Velmi nízká tvrdost ($T = 1$) i hustota ($h = 2,7$).
- Chemický důkaz: V kyselinách se nerozkládá, žáruvzdorný. Žiháním ve zkumavce uvolňuje vodu. Rozložit ho lze tavením se sodou. Taveninu pak vyloužit ve zředěné HCl, odfiltrovat nerozpustnou kyselinu křemičitou, a ve filtrátu pak pátrat po hořčíku (viz magnetit).
- Minerální asociace: mastkem bohaté horniny vznikají zpravidla metamorfózou Mg-bohatých sedimentů nebo vyvřelin. Je v asociaci s amfiboly, chlority, dolomitem, pyritem, magnetitem.
- Podobné minerály: celistvé agregáty jílových minerálů jsou zpravidla rozplavitelné ve vodě, jinak je lze odlišit jen chemicky (vysoký podíl hliníku). Jemně šupinkovité agregáty světlých slíd lze odlišit rovněž chemicky (přítomnost alkálií a hliníku).

Slídy

- Soustava monoklinická. Krystaly tenké až tlustě tabulkovité s převažujícím bazálním pinakoidem $\{001\}$, ojediněle i sloupcovité, pseudohehexagonálního obrysu. Slídy někdy vytvářejí i pseudomorfózy po jiných minerálech (po cordieritu, korundu, aj.).



Obr. 4.29. Krystaly slíd (vlevo muskovit, vpravo biotit).

- Agregáty tabulkovité, lupenité, šupinkovité, celistvé.
- Chemické složení: souborný název pro skupinu vodnatých fylosilikátů s obecným vzorcem $(K,Na)(Al,Fe,Mg)_{2-3}[(Si,Al)_4O_{10}(OH,F)_2]$. Nejdůležitější zástupci:

Muskovit – $KAl_2[AlSi_3O_{10}(OH, F)_2]$ – nejběžnější tzv. světlá slída, barva bílá až šedý, nebo je bezbarvý, stříbrný vzhled, skelný až perleťový lesk

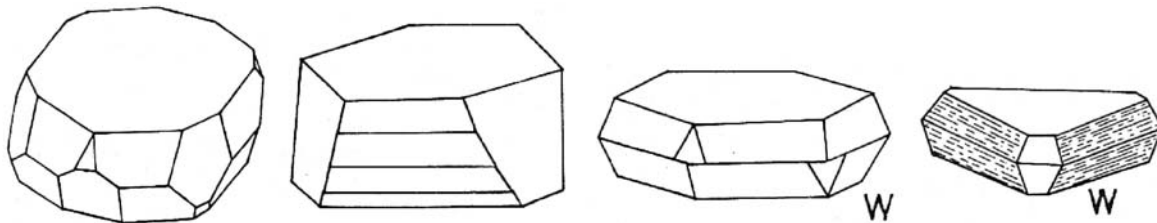
Biotit – $K(Mg, Fe)_3[(Al, Fe)Si_3O_{10}(OH, F)_2]$ – nejběžnější tzv. tmavá slída, barva za čerstva hnědá až černá, někdy červenohnědá, při navětrání až zlatavá.

Lepidolit – $KLi_{1,5}Al_{1,5}[AlSi_3O_{10}(OH, F)_2]$, příměsi Cs, Rb, Mn (růžová barva), Fe (zelená barva) – lithná slída, pouze v lithných pegmatitech, barva obvykle růžová, červenofialová, též bílá, šedá, zelená.

- Fyzikální vlastnosti: barva slíd obvykle závisí na chemismu (viz výše). Vryp bílý. Průhledný, průsvitný až neprůhledný. Lesk skelný, na štěpných plochách hrubých krystalů či agregátů perleťový. Výtečná štěpnost podle bazálního pinakoidu {001}, tj. podle jednoho systému rovin. Štěpné lupínky jsou pružné. Tvrdost = 2,5-3, hustota mezi 2,7-3,1 (muskovit, lepidolit), resp. 2,8-3,4 (biotit).
- Chemický důkaz: V kyselinách se slídy nerozkládají. Žháním prášku ve zkumavce se uvolňuje voda. Rozložit je lze tavením se sodou, nebo v HF. Zkoušky na jednotlivé prvky nutno volit podle složení konkrétních zástupců. Při důkazu alkálií pomocí barvení plamene nutno použít Co-sklo (sodík bývá běžnou minoritní součástí slíd).
- Minerální asociace: slídy jsou důležité horninotvorné minerály v četných vyvřelých a metamorfovaných horninách. Muskovit je zpravidla přítomen ve světlých, křemenem bohatých horninách (granitoidy, pegmatity, fylity, svory, ruly). Biotit hlavně v granitech, granodioritech, dioritech, syenitech, pegmatitech, svorech, pararulách. Muskovit i biotit bývají v asociaci s křemenem, živci a dalšími silikáty (granáty, amfiboly, chlority, turmalíny). Biotit se působením vody snadno mění v zelený chlorit. Lepidolit je přítomen prakticky výhradně jen v tzv. lithných pegmatitech, kde je v asociaci s křemenem, alkalickými živci, barevnými turmalíny, a četnými dalšími vzácnými minerály.
- Podobné minerály: jemnozrnné agregáty jílových minerálů jsou zpravidla rozplavitelné ve vodě, jinak je lze odlišit jen chemicky (deficit alkálií). Tabulkovité agregáty mastku odlišíme od muskovitu podle nízké tvrdosti, „mastného“ omaku, neelastičnosti štěpných lupínek nebo chemicky (nepřítomnost alkálií, přítomnost hořčíku).

Chlority

- Soustava monoklinická. Krystaly tenké až tlustě tabulkovité (podle bazálního pinakoidu {001}), pseudohexagonálního obrysu. Na trhlinách hornin též izometrické (kulovité) „krystaly“, složené z jednotlivých paprscitě uspořádaných tabulek. Často vytváří pseudomorfozy po jiných minerálech, např. po biotitu, pyroxenu, amfibolu.



Obr. 4.30. Krystaly chloritů. W označeny dvojčatné srůsty.

- Agregáty tabulkovité, lupenité, jemně šupinkovité, celistvé.
- Chemické složení: souhrnný název pro početnou skupinu hydratovaných Fe-Mg fylosilikátů s obecným vzorcem $(\text{Mg,Al,Fe})_{4-6}[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$. Vybraní zástupci:

Klinochlor – $\text{Mg}_5\text{Al} [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$

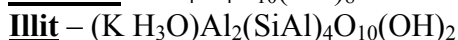
Chamosit (čti šamozit) – $\text{Fe}_5\text{Al} [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$

- Fyzikální vlastnosti: barva různá v zelených odstínech (zelená, tmavozelená, černozeleň), vryp šedozelený. Průsvitné až neprůhledné. Lesk skelný, u celistvých agregátů až matný. Výtečná štěpnost podle bazálního pinakoidu {001}, tj. podle jednoho systému rovin. Štěpné lupínky jsou ohebné. Tvrdost = 2-2,5, hustota mezi 2,5-3,0.

- Chemický důkaz: Žiháním prášku ve zkumavce se uvolňuje voda. Rozložit je lze tavením se sodou, nebo v HF, v ostatních kyselinách se rozkládají neúplně. Chemické zkoušky na jednotlivé prvky nutno volit podle složení konkrétních zástupců.
- Minerální asociace: chlority jsou důležité horninotvorné minerály v chloritických břidlicích, kde dominují nad ostatními minerály (amfiboly, magnetit). V běžných silikátových vyvěřelých a metamorfovaných horninách zpravidla vznikají sekundárně během hydrotermálních alterací tmavých minerálů (biotitu, pyroxenu či amfibolu), a propůjčují takto přeměněným horninám zelené zbarvení. Chlority též bývají na puklinách hornin coby součást minerální parageneze typu alpských žil (spolu s křemenem, karbonáty, epidotem, minerály titanu, zeolity, aj..). V chemogenních sedimentech jsou Fe-bohaté chlority součástí sedimentárních železných rud (spolu se sideritem).
- Podobné minerály: Mastek odlišíme od chloritu podle nižší tvrdosti a „mastného“ omaku. Epidot a amfiboly vytvářejí sloupcovité či jehlicovité agregáty.

Jílové minerály

- souhrnný název pro početnou skupinu triklinických či monoklinických hydratovaných Al fylosilikátů
- Krystaly malé, obvykle pozorovatelné až v optickém či elektronovém mikroskopu (<0,01 mm). Obvykle tenké až tlustě tabulkovité podle bazálního pinakoidu {001}, pseudohexagonálního obrysu. Často vytváří pseudomorfozy po jiných minerálech, např. po živcích.
- Agregáty zemité, jemně šupinkovité, celistvé, povšechně nesoudržné, otírají se o prsty.
- Chemické složení: různé podle konkrétních minerálních druhů, např.:



- Fyzikální vlastnosti: barva obvykle bílá nebo světlé odstíny různých barev (dohněda, dozelená, došeda). Vryp bílý, nahnědlý, nazelenalý, našedlý. Lesk zemitých agregátů je matný. Výtečná štěpnost podle bazálního pinakoidu {001} není na zemitých agregátech patrná. Tvrdost velmi nízká, max. 1, hustota rovněž nízká, mezi 2,2-2,6. Vysušené zemité agregáty lnou k jazyku, ve vodě se po vysušení rozplaví na jemný kal. Za vlhka s vodou plastické.
- Chemický důkaz: Žiháním prášku ve zkumavce se uvolňuje voda. Rozložit je lze tavením se sodou, nebo v HF, v ostatních kyselinách se rozkládají neúplně. Chemické zkoušky na jednotlivé prvky nutno volit podle složení konkrétních zástupců.
- Minerální asociace: jílové minerály vznikají zvětráváním silikátů Al, Ca, Mg a Fe (hlavně živců, často též přeměnou vulkanického skla). Též hojně při hydrotermální alteraci hornin v okolí rudních žil (kaolinizace živců). Jsou hlavní složkou jílu a bentonitů.
- Podobné minerály: Vzhledem k silně kolísavému chemickému složení samotných jílových minerálů a hojným minerálním příměsím v zemitých agregátech (chlority, hydroslídy, aj.) jílových minerálů je nelze často odlišit pomocí jednoduchých zkoušek jak mezi sebou, tak od podobně vyhlížejících jemnozrnných slídků, chloritů či smektitů.

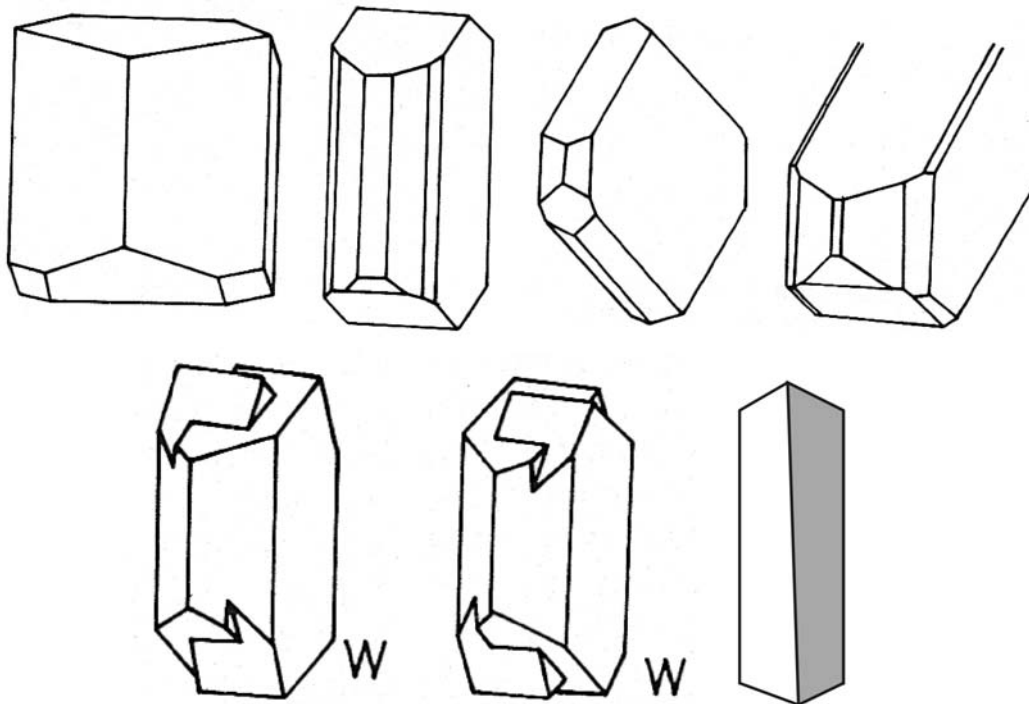
Živce

- souborný název pro skupinu bezvodých tektosilikátů, obsahujících Na, K, Ca či Ba a tetraedricky vázaný hliník. Obecný vzorec: $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca}, \text{Ba})[\text{Al}_{1-2}\text{Si}_{2-3}\text{O}_8]$.

- důležité horninotvorné minerály četných vyvřelých, metamorfovaných i sedimentárních hornin (živce tvoří cca 50 % zemské kůry)
- málo odolné proti hydrotermálním alteracím (mění se v muskovit či jílové minerály) a zvětrávání (karbonatizují a hydratují na jílové minerály)
- hlavní zástupci: ortoklas, plagioklasy

Ortoklas

- Soustava monoklinická. Krystaly tlustě tabulkovité s převahou ploch pinakoidu $\{010\}$ - hojně drúzy v pegmatitech a jako vyrostlice v některých žulách, syenitech a trachytech. Krystaly jsou často karlovarsky zdvojitělé (dvojitá rovina je (010)). Na příčném řezu takového dvojčete je dobře patrná různě orientovaná štěpnost obou tabulek (jedna část se leskne, druhá se při stejném natočení vzorku neleskne).
- Agregáty zrnité, nebo je kusový.
- Chemické složení: $K[AlSi_3O_8]$, příměsi Na (zejména v sanidinech) či Ba (dokonalá izomorfní míšivost s celsianem $Ba[Al_2Si_2O_8]$; přechodné směsi se nazývají hyalofán).
- Fyzikální vlastnosti: barva oranžová, růžová, bílá, může být i bezbarvý. Vryp bílý. Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Skelný lesk, na štěpných plochách až perleťový. Dokonalá štěpnost podle pinakoidů $\{001\}$ a $\{010\}$, tj. podle dvou systémů rovin, které svírají úhel cca 90° . Vyšší tvrdost ($T = 6$), nízká hustota ($h = 2,54-2,58$).
- Chemický důkaz: Plamen barví fialově (vzhledem k časté přítomnosti sodíku nutno použít kobaltové sklo. V běžných kyselinách se nerozkládá. Rozložit ho lze tavením se sodou, nebo v kyselině fluorovodíkové. Po rozkladu lze v přefiltrovaném HCl výluhu dokázat hliník (po přidavku amoniaku se sráží hydroxid hlinitý jako bílá, průsvitná sraženina).
- Minerální asociace: ortoklas je důležitý horninotvorný minerál v kyselých až intermediárních magmatitech (granity, granodiority, syenity a jejich žilné a výlevné ekvivalenty), v sedimentech (arkózy, šterky), v metamorfitech (ruly, granulity). Velké krystaly v pegmatitech. Je v asociaci s křemenem, plagioklasy, slídami a event.



Obr. 4.31. Krystaly ortoklasu. Nahoře jednoduché krystaly, dole karlovarská dvojčata (W) a příčný řez karlovarským dvojitěm.

dalšími silikáty (granáty, turmalíny, amfiboly, aj.). Přeměňuje se ve světlé slídy či jílové minerály. Málokdy bývá v asociaci s typicky hydrotermálními minerály jako jsou sulfidy, karbonáty, baryt či sádrovec.

- Podobné minerály: makroskopicky velice podobné jsou sodnovápenaté živce – plagioklasy. Rozlišit se dají živce někdy podle barvy (ortoklas je zpravidla víc tmavší), případně podle typického karlovarského zdvojitěného ortoklasu, jinak jen chemicky. Kalcit je štěpný podle tří ploch klence, má nižší tvrdost a snadno se již za studena rozkládá kyselinami (šumí). Křemen je bez štěpnosti a má vyšší tvrdost. Baryt má vysokou hustotu a je štěpný podle tří na sebe kolmých systémů štěpných ploch.

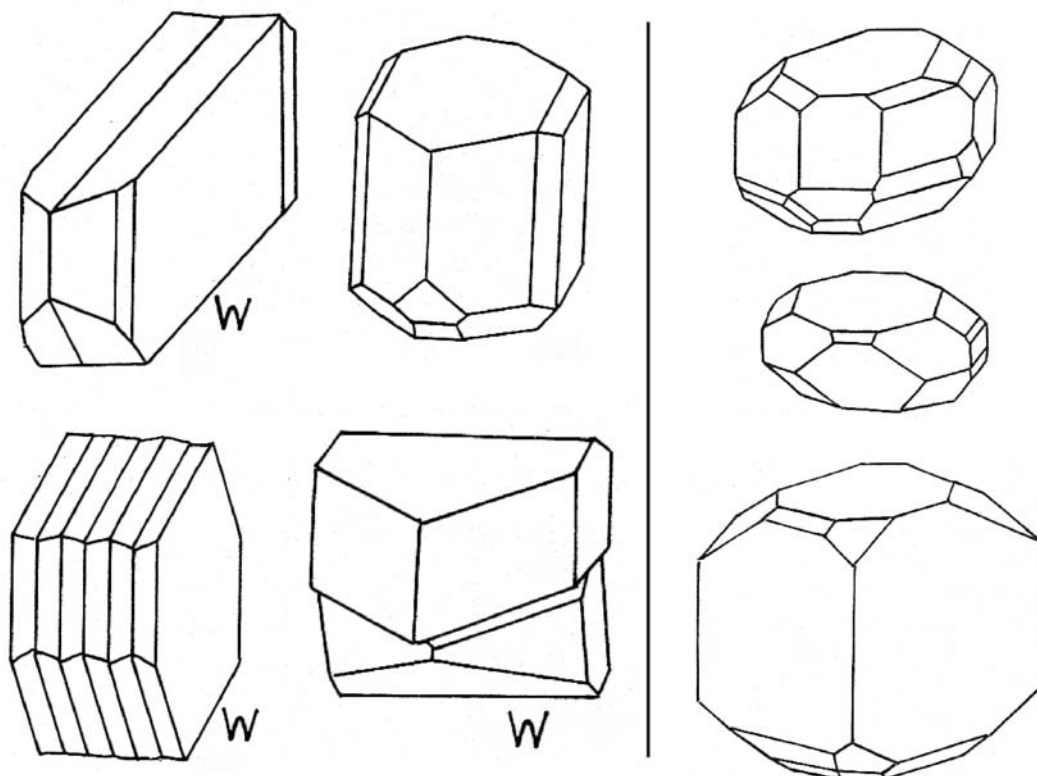
Plagioklasy

- Soustava triklinická. Krystaly tenké až tlustě tabulkovité, někdy i krátce sloupcovité či izometrické.

- Agregáty zrnité, nebo jsou kusové či celistvé. Lupenitý albit (tzv. cleavelandit) je v metasomatické jednotce v pegmatitech.

- Chemické složení: plagioklasy jsou izomorfní směsí dvou krajních složek: **albitu** ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) a **anortitu** ($\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$). Podle obsahu krajních složek se rozlišují tyto členy plagioklasové řady:

<u>Albit</u>	90-100 % Ab, 0-10 % An
<u>Oligoklas</u>	70-90 % Ab, 10-30 % An
<u>Andezín</u>	50-70 % Ab, 30-50 % An
<u>Labradorit</u>	30-50 % Ab, 50-70 % An
<u>Bytownit</u>	10-30 % Ab, 70-90 % An
<u>Anortit</u>	0-10 % Ab, 90-100 % An



Obr. 4.32. Krystaly plagioklasů. *Vlevo* jednoduchý krystal a srostlice (W) albitu, *vpravo* jednoduché krystaly anortitu.

- Fyzikální vlastnosti: barva nejčastěji bílá, může být i bezbarvý, narůžovělý, namodralý, šedý či černý. Vryp bílý, u tmavých odrůd šedý. Průhledný, průsvitný i neprůhledný. Skelný lesk, na štěpných plochách až perleťový. Dokonalá štěpnost podle pinakoidů {001} a {010}, tj. podle dvou systémů rovin, které svírají úhel cca 90°. Vyšší tvrdost (T = 6), nízká hustota (h = 2,60-2,76).
- Chemický důkaz: Čistý anortit barví plamen po navlhčení v HCl oranžově až cihlově červeně. U ostatních členů plagioklasové řady je eventuelní vliv vápníku překryt sodíkem (žluté zbarvení plamene, odfiltrovat pomocí modrého kobaltového skla!). V běžných kyselinách se albitem bohaté členy plagioklasové řady nerozkládají, toliko prášek anortitu se rozkládá v horké HCl. Rozložit lze všechny plagioklasové členy tavením se sodou, nebo v kyselině fluorovodíkové. Po rozkladu lze v přefiltrovaném HCl výluhu dokázat hliník (viz ortoklas) a příp. i vápník (viz kalcit).
- Minerální asociace: plagioklasové členy jsou důležité horninotvorné minerály, jsou podstatnou složkou prakticky ve všech magmatitech (granity, granodiority, syenity, diority, gabry a jejich žilné a výlevné ekvivalenty), v četných metamorfitech (fylity, svory, ruly, migmatity, granulity), a v některých sedimentech (droby). Dokonale omezené krystaly v pegmatitech, či na hydrotermálních (alpských) žilách (čistý albit). Plagioklasové členy bývají v asociaci s křemenem, K-živcem, slídami a event. dalšími silikáty (granáty, turmalíny, amfiboly, aj.). Přeměňují se ve světlé slídy, jílové minerály, či minerály epidotové skupiny (velmi snadno hlavně anortitem bohaté členy, albit bývá odolnější než K-živec). Mállokdy bývají plagioklasové členy v asociaci s typicky hydrotermálními minerály jako jsou sulfidy, karbonáty či baryt.
- Podobné minerály: makroskopicky velice podobné jsou draselné živce. Plagioklas bývá zpravidla ten světlejší (bělejší) živec v hornině (ortoklas je zpravidla víc do oranžova či růžova). Plagioklas nemá nikdy vyvinuto karlovarského zdvojitění. Jinak je odlišení živců možné jen chemicky či opticky. Zrnité agregáty kalcitu jsou štěpné podle klence, kalcit má nižší tvrdost a snadno se již za studena rozkládá kyselinami (šumí). Křemen je bez štěpnosti a má vyšší tvrdost. Baryt má vysokou hustotu a je štěpný podle tří na sebe kolmých systémů štěpných ploch.

Použitá a doporučená literatura

- Bernard J.H., Rost R., Bernardová E., Breiter K., Kašpar P., Lang M., Melka K., Novák F., Rost J., Řídkošil T., Slivka D., Ulrych J., Vrána S. (1992): Encyklopedický přehled minerálů. – Academia, Praha.
- Dudek A., Fediuk F., Palivcová M. (1962): Petrografické tabulky. – Nakl. ČSAV, Praha.
- Němec F. (1956): Klíč k určování nerostů. – SPN, Praha.
- Němec F. (1967): Klíč k určování nerostů a hornin. – SPN, Praha.
- Rosický V. (1939): Příručka pro určovací praktikum mineralogické. – Melantrich, a.s, Praha.
- Rosický V., Kokta J. (1961): Příručka pro určování nerostů. – Nakl. ČSAV, Praha.
- Rost R. (1969): Mikrochemické určování nerostů – SPN, Praha.
- Slavík F., Novák J., Kokta J. (1974): Mineralogie, 5. vyd. – Academia, Praha.
- Tuček K., Nováček R. (1946): Naše nerosty, jejich sběr a určování – Vesmír, Praha.