

Horninotvorné minerály III

Upraveno dle V. Vávry

Rombické amfiboly – antofylit I

- zpravidla dlouze prizmatické, sloupcovité nebo jehlicovité krystaly, často také ve formě radiálně paprscitých, sférolitických nebo paralelně vláknitých (azbesty) agregátů. Zpravidla bezbarvý, s vyšším obsahem Fe zelenavý nebo hnědavý, lesk skelný.
- automorfně omezené protáhlé krystaly, vláknité agregáty
- obvykle bezbarvý, s přibývajícím obsahem Fe je světle žlutý až světle zelený se zřetelným pleochroismem
- střední hodnoty lomu i dvojlomu, typická amfibolová štěpnost svírající v příčném řezu úhel 124° . Podélné průřezy mohou mít kromě štěpnosti i příčnou odlučnost. Často uzavírá biotit, spinel, magnetit nebo zirkon (často s pleochroickými dvůrky).

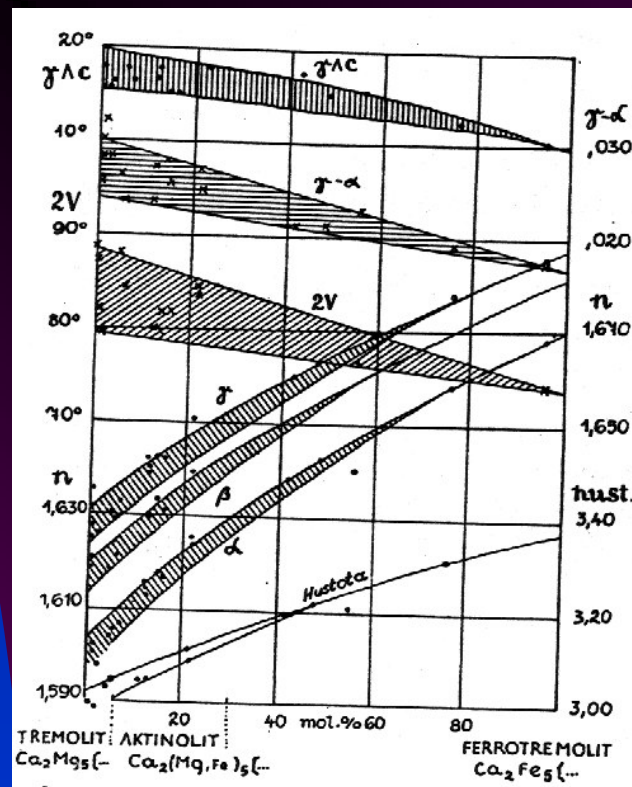
Rombické amfiboly – antofylit II

- hodnoty indexů lomu a dvojlomu stoupají s obsahem Fe:
- $n\alpha = 1,605 - 1,654$
- $n\beta = 1,620 - 1,672$
- $n\gamma = 1,642 - 1,690$
- $D = 0,017 - 0,020$
- R_o odpovídá (010), $\gamma = c$, Chm i $Chz +$, úhel $2V$ kolem 80°
- dokonalá podle (100), odlučnost podle (100)
- nejčastěji se vyskytuje jako sekundární produkt v v ultrabazických horninách, nebo jako reakční zóna při styku s intruzívou
- v metamorfovaných horninách je znám z amfibolitů, amfibolických rohovců, cordieritických rul, hadců a skarnů
- ve vyvřelých horninách je vzácně jako sekundární produkt, např. kelyfitické obruby olivínu
- minerální parageneze: aktinolit

Monoklinické amfiboly I (řada aktinolitu)

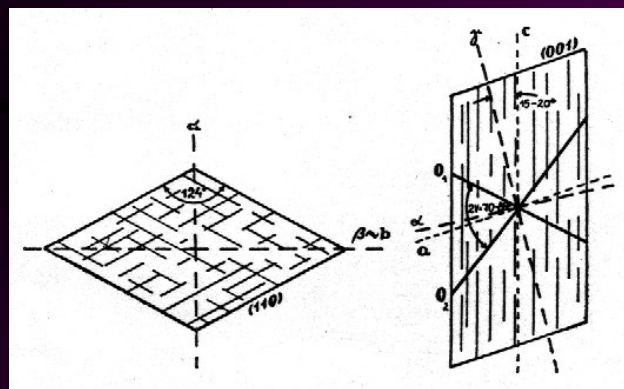
- tremolit $\text{Ca}_2\text{Mg}_5 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$, aktinolit $\text{Ca}_2\text{Fe}_5 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$
- tremolit tvoří převážně dlouze sloupcovité prizmatické krystaly, jehlicovité nebo vláknité agregáty, zpravidla bezbarvý nebo šedý se zelenavým nádechem. Aktinolit má podobný vývin, většinou je zbarven v zelených odstínech.
- tremolit je zpravidla bezbarvý, aktinolit má se zvyšujícím se podílem Fe až silně zelenou barvu. Slabý pleochroismus má podle α světla žlutozelenou, podle β světla zelenožlutou a podle γ světla modrozelenou barvu.
- charakteristická je štěpnost v příčných řezech, v podélných řezech může být viditelná příčná odlučnost. Úhel zhášení $\gamma/c = 10^\circ\text{-}15^\circ$, v příčných řezech je zhášení symetrické.
- štěpnost dokonalá (110)

Monoklinické amfiboly II (řada aktinolitu)



- s obsahem železa indexy lomu stoupají a dvojlom klesá (tremolit - aktinolit):
- $n_{\alpha} = 1,608 - 1,647$
- $n_{\beta} = 1,618 - 1,659$
- $n_{\gamma} = 1,630 - 1,667$
- $D = 0,022 - 0,020$

Monoklinické amfiboly III (řada aktinolitu)



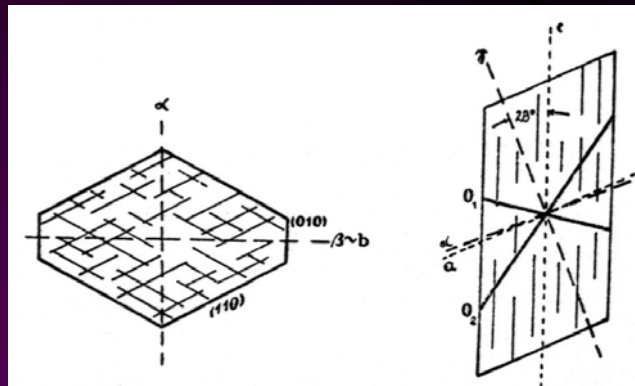
- Ro odpovídá (010), $\beta = b$, Chm-, Chz+, tremolit $2V(\alpha) = 85^\circ$, aktinolit $2V(\alpha) = 80^\circ$
- tremolit se může podél štěpnosti měnit na mastek, aktinolit se vzácně mění na minerály serpentínové skupiny
- tremolit se vyskytuje v metamorfovaných dolomitických vápencích, aktinolit je typický minerál facie zelených břidlic, může se vyskytovat i jako retrográdní minerál v modrých břidlicích. Vyskytuje se i v gabrech (často uralitizován) a bazaltech.
- Minerální parageneze:
tremolit - kalcit, mastek, antigorit;
aktinolit - chlorit, epidot, křemen

Monoklinické amfiboly IV (řada obecných amfibolů)

- jedná se o skupinu amfibolů s různým složením, které jsou ve výbruse charakteristické zelenou barvou (hastingsit, tschermakit a další)
- obecné amfiboly tvoří zpravidla krátce prizmatické až jehlicovité krystaly, nebo zrnité agregáty, zpravidla tmavě zelené barvy, se skelným leskem
- automorfní krystaly zpravidla ve vulkanických horninách, běžně hypautomorfní nebo xenomorfní zrna nebo vláknité agregáty
- nejrůznější odstíny zelené barvy, velmi výrazný pleochroismus: α - světle žlutozelená nebo světle modrá, β - zelenavá až olivově zelená, γ - olivově zelená až modrozelená
- příčné řezy bývají ve tvaru protaženého šestiúhelníku s typickou štěpností, indexy lomu spíše vyšší, střední dvojlom. Úhel zhášení hastingsitu je $\gamma/c = 14^\circ\text{-}20^\circ$, tschermakit má $\gamma/c = 15^\circ\text{-}22^\circ$. Kolem inkluzí minerálů s obsahem radioaktivních prvků jsou časté pleochroické dvůrky.

Monoklinické amfiboly V (řada obecných amfibolů)

- indexy lomu vzrůstají s obsahem Fe (hastingsit, tschermakit):
- $n_{\alpha} = 1,646 - 1,700; 1,640 - 1,673$
- $n_{\beta} = 1,658 - 1,719; 1,659 - 1,690$
- $n_{\gamma} = 1,662 - 1,722; 1,658 - 1,696$
- $D = 0,016 - 0,022; 0,018 - 0,023$
- R_o je (010), $Chm-$, $Chz+$. Úhel optických os vzrůstá s obsahem Mg - hastingsit má $2V(\alpha) = 34^{\circ} - 90^{\circ}$, tschermakit má $2V(\alpha) = 65^{\circ} - 90^{\circ}$.
- štěpnost dokonalá podle (110)
- dvojčatění podle (100)



Monoklinické amfiboly VI (řada obecných amfibolů)

- ve vulkanických horninách je častá alterace způsobená oxidací Fe, kdy vznikají „hnědé“ amfiboly
- v plutonických horninách může docházet k nahrazování biotitem
- v nízce metamorfovaných horninách může při retrográdní metamorfóze docházet k přeměně na aktinolit a dále pak na chlorit a antigorit. Zvětráváním zelených amfibolů vzniká směs karbonátů, limonitu a křemene.
- obecné amfiboly jsou běžné v intermediálních hlubinných vyvřelinách (granodiority, tonality) a gabrech, běžné jsou v metamorfovaných horninách amfibolitové facie
- minerální parageneze: plagioklas, mikroklin, biotit, křemen

Monoklinické amfiboly VII (řada čedičových amfibolů)

- tyto amfiboly jsou typické především ve vulkanických horninách, protože v jejich struktuře převažuje Fe^{+3} nad Fe^{+2} a skupina OH^- je často zastoupena O^{2-} (výsledná barva je nejčastěji hnědá). Často též vznikají oxidací „zelených“ amfibolů, kdy za teplot nad 800° dochází k významným změnám v jejich optických charakteristikách.
- automorfní krystaly, často s korodovanými kraji. Příčné průřezy ve tvaru nepravidelného šestiúhelníku s dvojím systémem amfibolové štěpnosti. Velmi časté jsou srůsty, kdy rovina srůstu pólí ostrý úhel štěpných trhlin, v podélných řezech je se štěpností rovnoběžná.
- barva je zpravidla tmavě hnědá nebo červenohnědá v závislosti na stupni oxidace. Velmi častá je výrazná zonálnost.
- indexy lomu jsou zpravidla střední a závislé na stupni oxidace, dvojlom silně kolísá. Typickým znakem je velmi silný pleochroismus.
- interferenční barvy jsou velmi často ovlivněny výraznými barvami

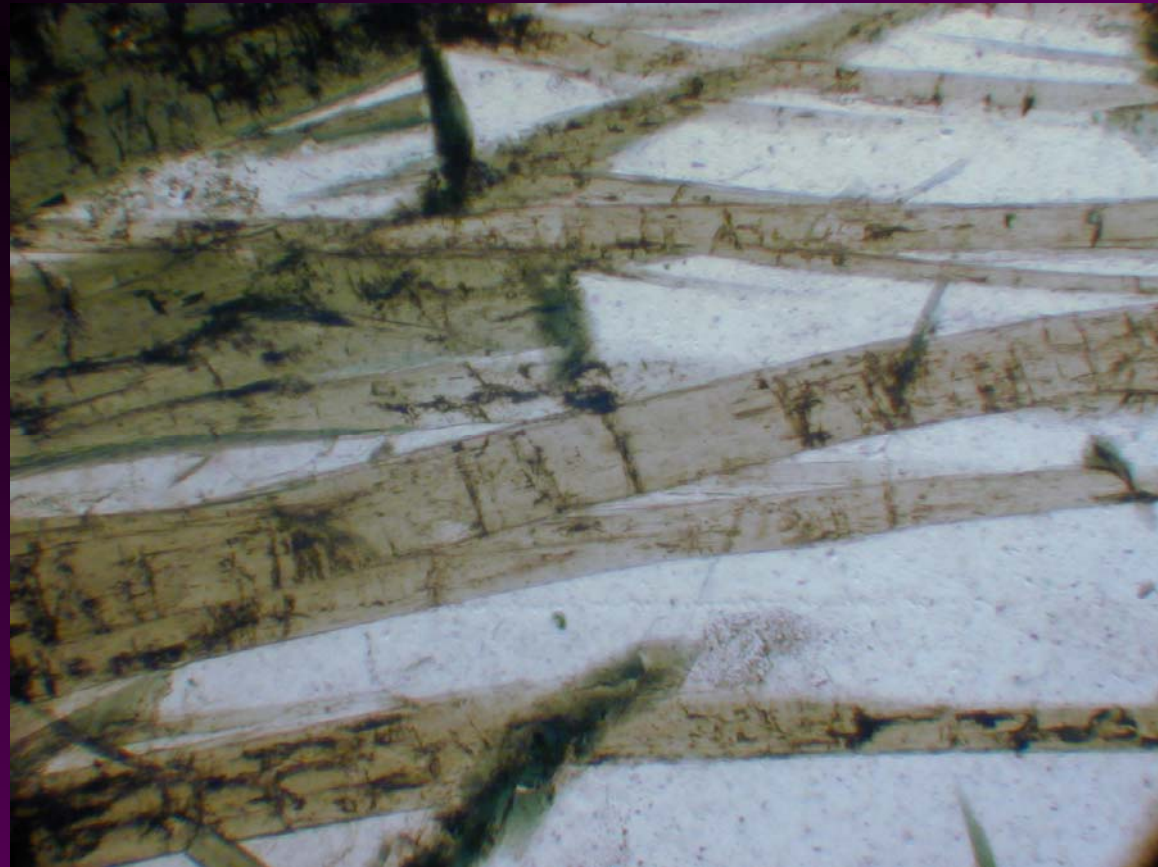
Monoklinické amfiboly VIII (řada čedičových amfibolů)

- štěpnost dokonalá (110), někdy odlučnost podle (001), (010)
- pokles tlaku v magmatu často vede k porušení stability těchto amfibolů, což vede k nahrazování agregátem magnetitu, hematitu a diopsidického pyroxenu. Proces se označuje jako opacitizace a může začínat přeměnou okrajů a následně celého zrna na biotit. Snižování tlaku vede také ke vzniku magmaticky korodovaných zrn. Zvětráváním této skupiny amfibolů vznikají karbonáty, limonit a křemen.
- nejčastěji se vyskytuje v intermediálních a kyselých vulkanických horninách a jejich pyroklastikách, nebo je typický pro bazické plutonické i vulkanické horniny (theralit, tefrit, basanit), případně i v Na bohatých magmatických horninách (nefelinické syenity)
- minerální parageneze: plagioklas, biotit, pyroxeny (oxyhornblend); titanaugit, olivín, plagioklas (kaersutit); nefelin, sanidin, augit, arfvedsonit (katophorit)

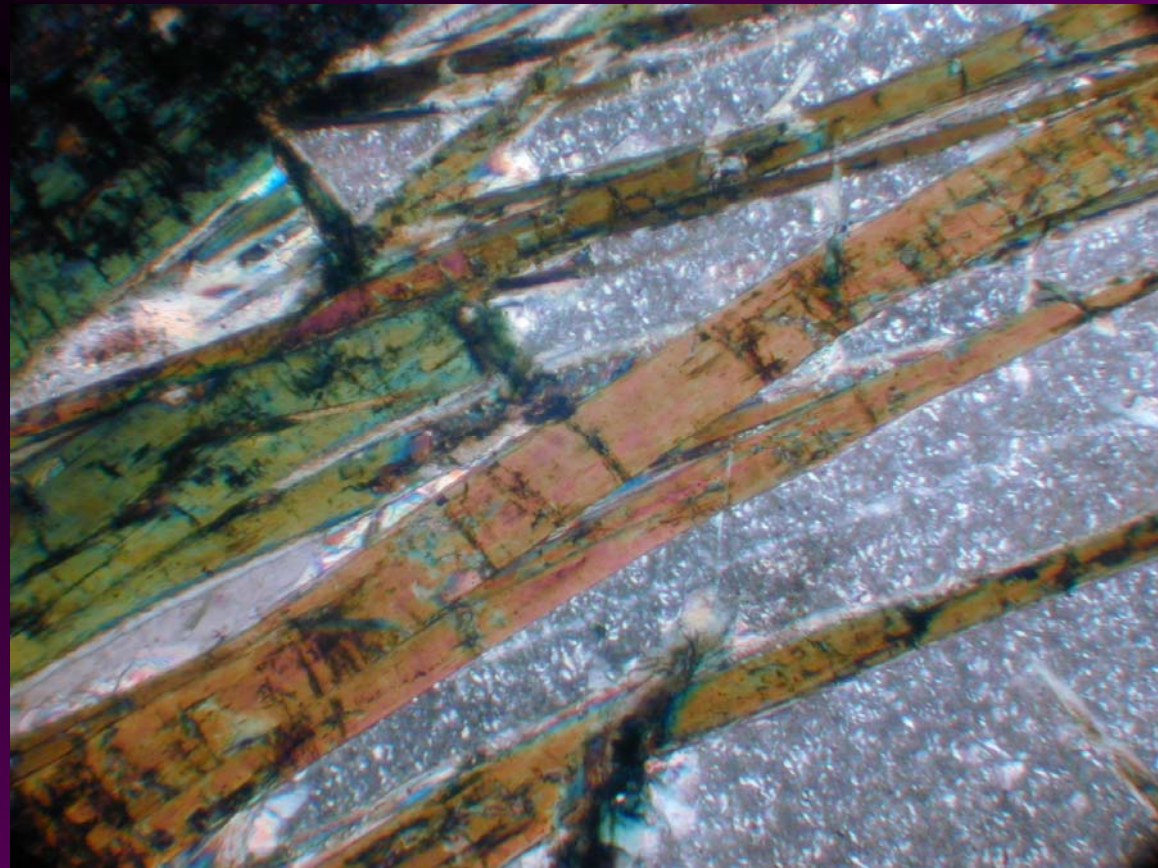
jehlicovitý aktinolit v kalcitu, ve směru protažení (osa c)
zelená barva; 1 nikol



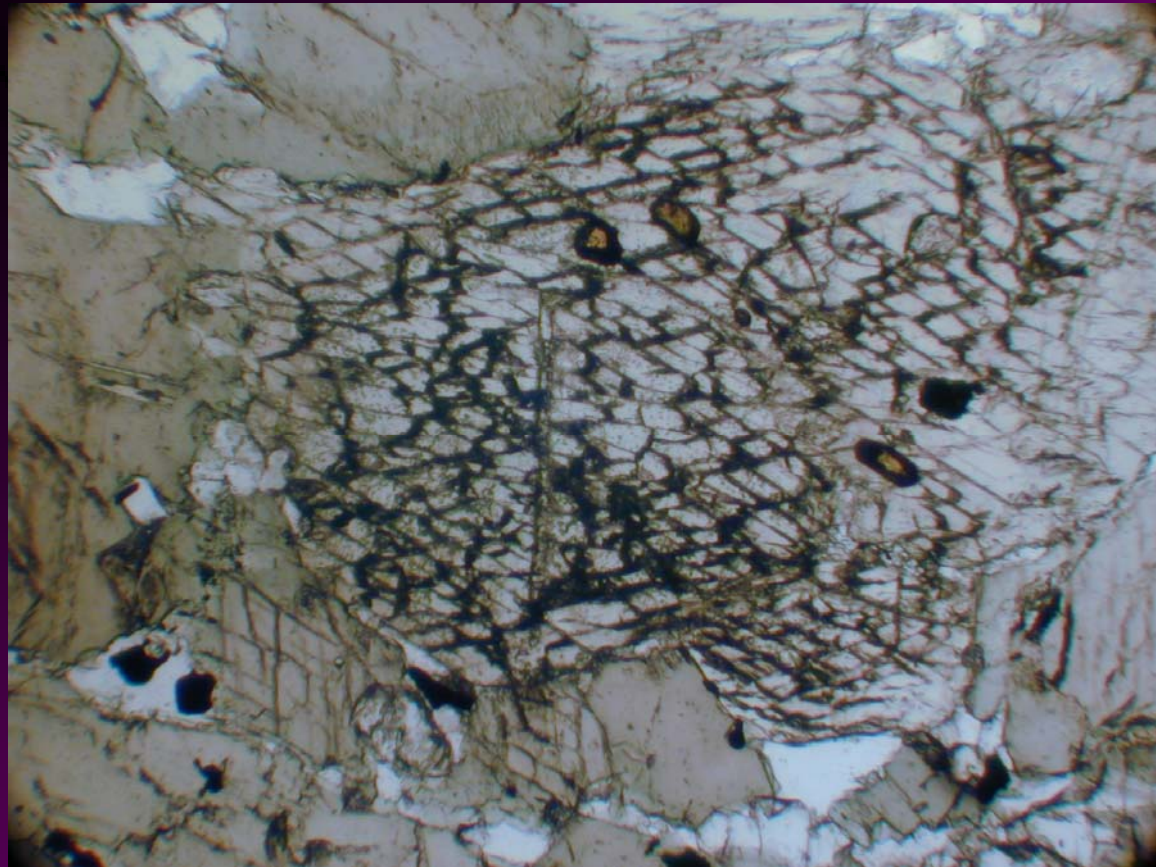
jehlicovitý amfibol v kalcitu, ve směru kolmo k c světle
hnědá barva; 1 nikol



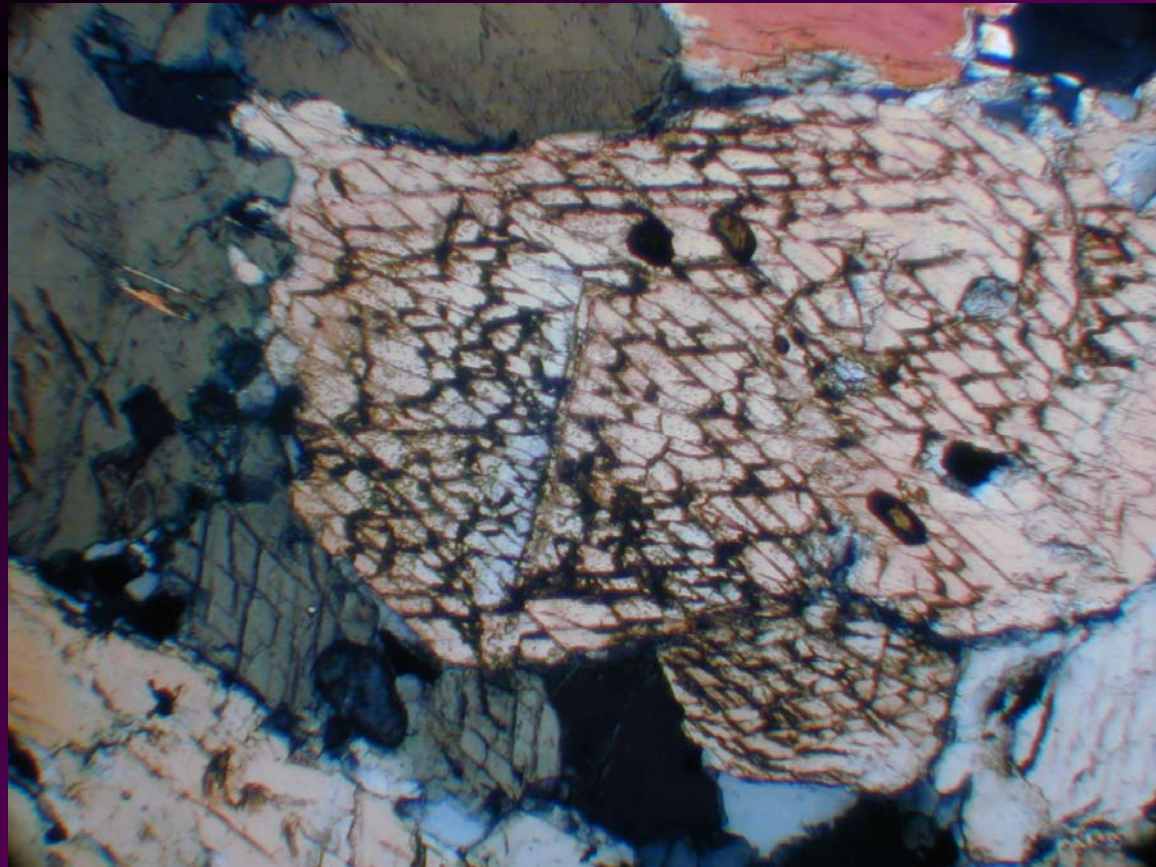
jehlicovitý amfibol v kalcitu, interferenční barvy v pozici 45° od polohy vyhasnutí; zkr. nikoly



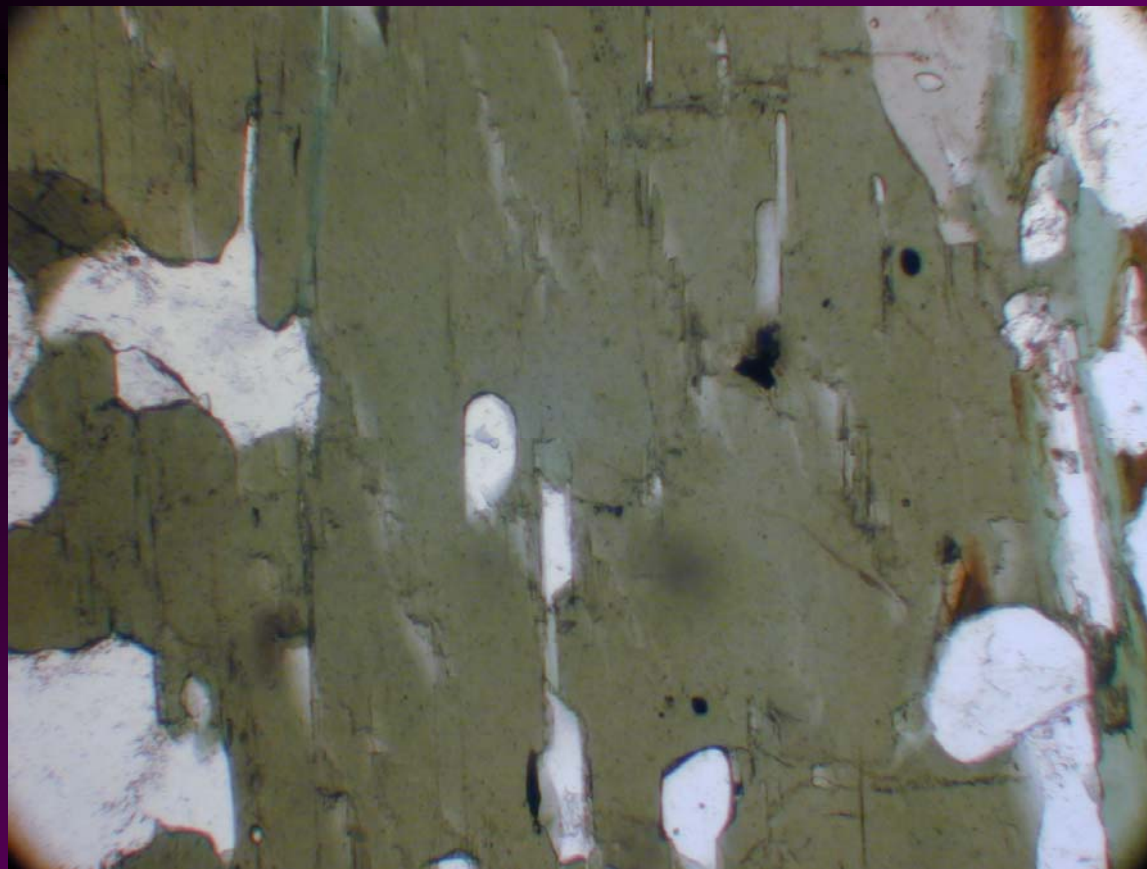
prizmatická štěpnost amfibolu pod úhlem 120° ;
amfibolit, 1 nikol



prizmatická štěpnost v amfibolu pod úhlem 120° ;
amfibolit, zkř. nikoly



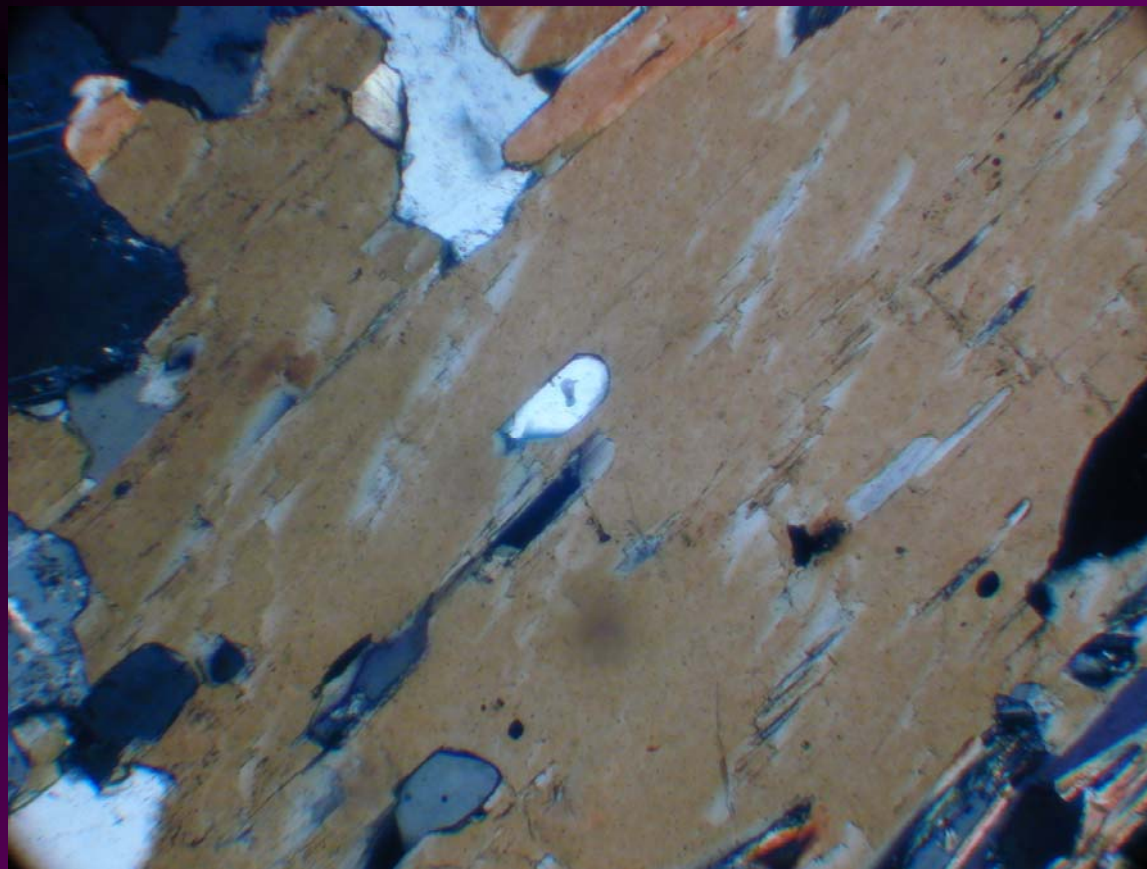
barva amfibolu podle γ , inkluze apatitu; rula, 1 nikol



barva amfibolu podle α nebo β , inkluze apatitu;
rula, 1 nikol



interferenční barvy amfibolu, inkluze apatitu; rula, 1 nikol



Rozlišení pyroxenů a amfibolů

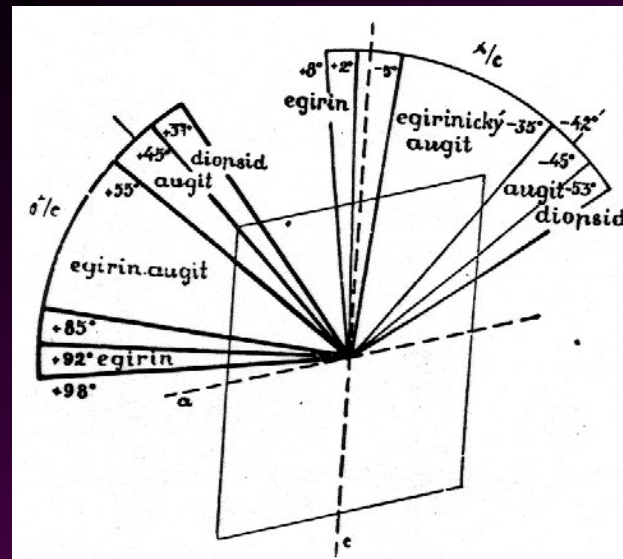
Pyroxeny

- zpravidla krátce sloupcovitý tvar
- černá nebo černohnědá barva
- štěpné trhliny svírají v příčném řezu úhel 90°
- příčné průřezy při automorfním omezení čtvercové nebo nepravidelného osmiúhelníkové
- úhly zhášení jsou zpravidla větší než 30°

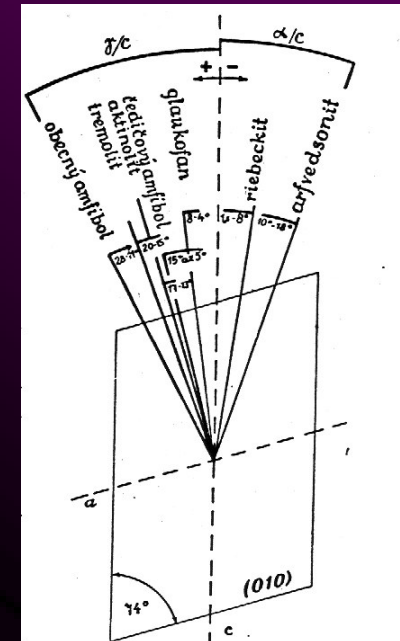
Amfiboly

- dlouze sloupcovité krystaly nebo agregáty
- zelená, hnědá nebo černá barva
- štěpné trhliny svírají v příčném řezu úhel 120°
- příčné průřezy mají při automorfním omezení tvar kosočtverce nebo nepravidelného šestiúhelníku
- úhly zhášení jsou zpravidla nižší než 30°

Úhly zhášení pyroxenů a amfibolů



pyroxeny



amfiboly

Skupina granátů I

- granáty bývají často krystalované, nejčastějšími tvary je dvanáctistěn kosočtverečný {110} a čtyřicetistěn {211} nebo jejich spojka. Jinak tvoří zrnité nebo celistvé agregáty. Barva je závislá na chemickém složení.
- granáty mají pozitivní reliéf a drsný povrch, ve zkřížených nikolech jsou zpravidla izotropní. Grosulár, andradit a uvarovit někdy vykazují anomální dvojlom až 0,008 a jsou dvojosé s $2V = 90^\circ$. Zvláště v metamorfovaných horninách jsou běžné porfyroblasty často poikiloblastické (velké množství uzavřenin), nebo tzv. rotované granáty, které jsou výsledkem synmetamorfnní deformace během růstu zrna. Častá je i zonální stavba.
- index lomu závisí na chemickém složení granátu
- štěpnost nemá
- běžná akcesorie v amfibolitech a eklogitech, v průběhu retrogradní nízkotlaké metamorfózy jsou granáty s vysokým podílem pyropové komponenty od okrajů nahrazovány amfibolem, pyroxenem, plagioklasem a křemenem (kelyfická obruba). Hydrotermální alterace může vést k nahrazení granátu chloritem, popř. biotitem nebo epidotem. Jinak jsou granáty poměrně stabilní.

Skupina granátů II

- **Pyrop** $Mg_3 Al_2 [SiO_4]_3$

zpravidla zaoblená zrna, vysoký reliéf, někdy bývá lemován kelyfitickou obrubou, $n = 1,72 - 1,76$, vysokotlaké a vysokoteplotní horniny jako peridotity, kimberlity nebo eklogity, serpentinity. Minerální parageneze: olivín, pyroxeny (omfacit), flogopit, serpentinová skupina.

- **Almandin** $Fe_3 Al_2 [SiO_4]_3$

často automotfně omezené krystaly, zvláště ve porfyroblastech, vysoký reliéf, zpravidla obsahuje spoustu uzavřenin okolních minerálů, $n = 1,77 - 1,82$ známá je pouze přeměna na chlorit. Jeden z nejběžnějších granátů, vyskytující se v řadě metamorfovaných hornin (fylity, svory, ruly, amfibolity), vzácně i jako produkt asimilace Al bohatých hornin v magmatitech (granity, granodiority). Minerální parageneze: biotit, muskovit, chlorit, křemen, kyanit, staurolit.

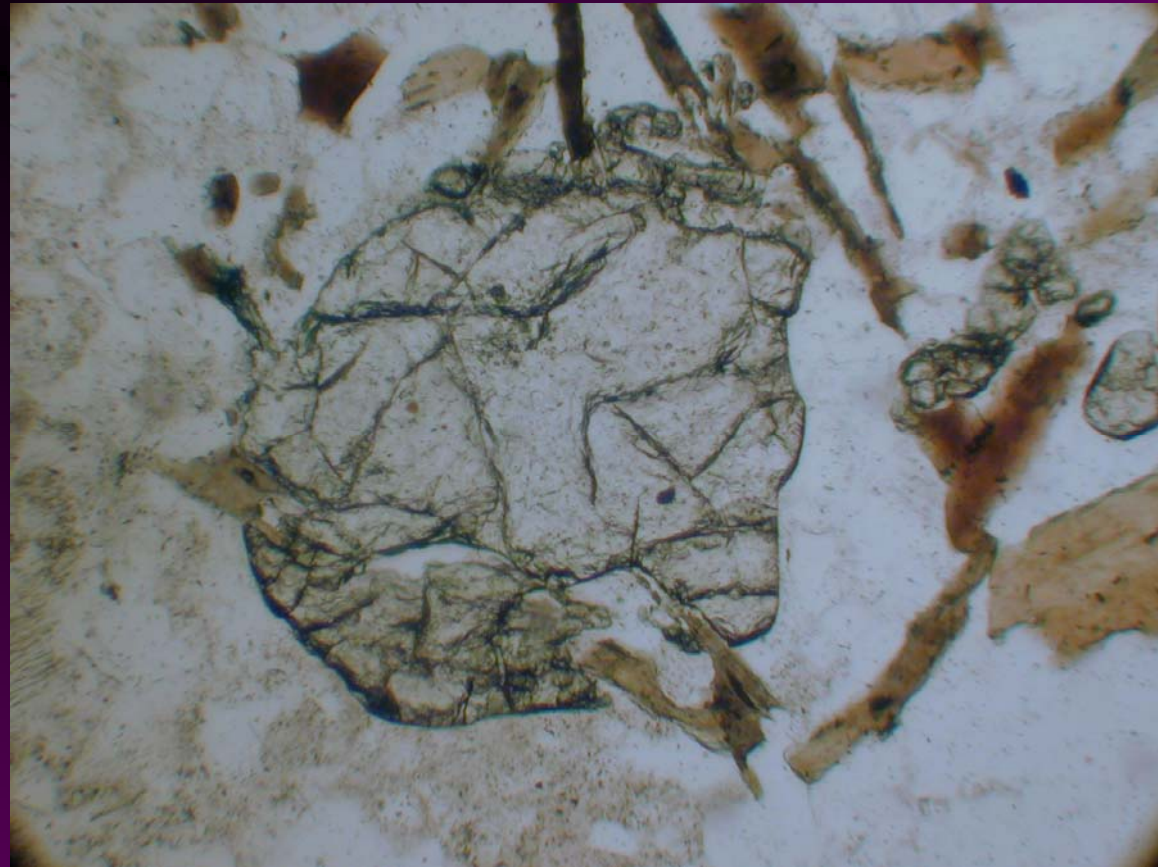
- **Spessartin** $Mn_3 Al_2 [SiO_4]_3$

vysoký reliéf, výjimečně opticky anomální, $n = 1,79 - 1,82$, vyskytuje se v pegmatitech a kyselých žulách. Minerální parageneze: K-živec, muskovit, křemen.

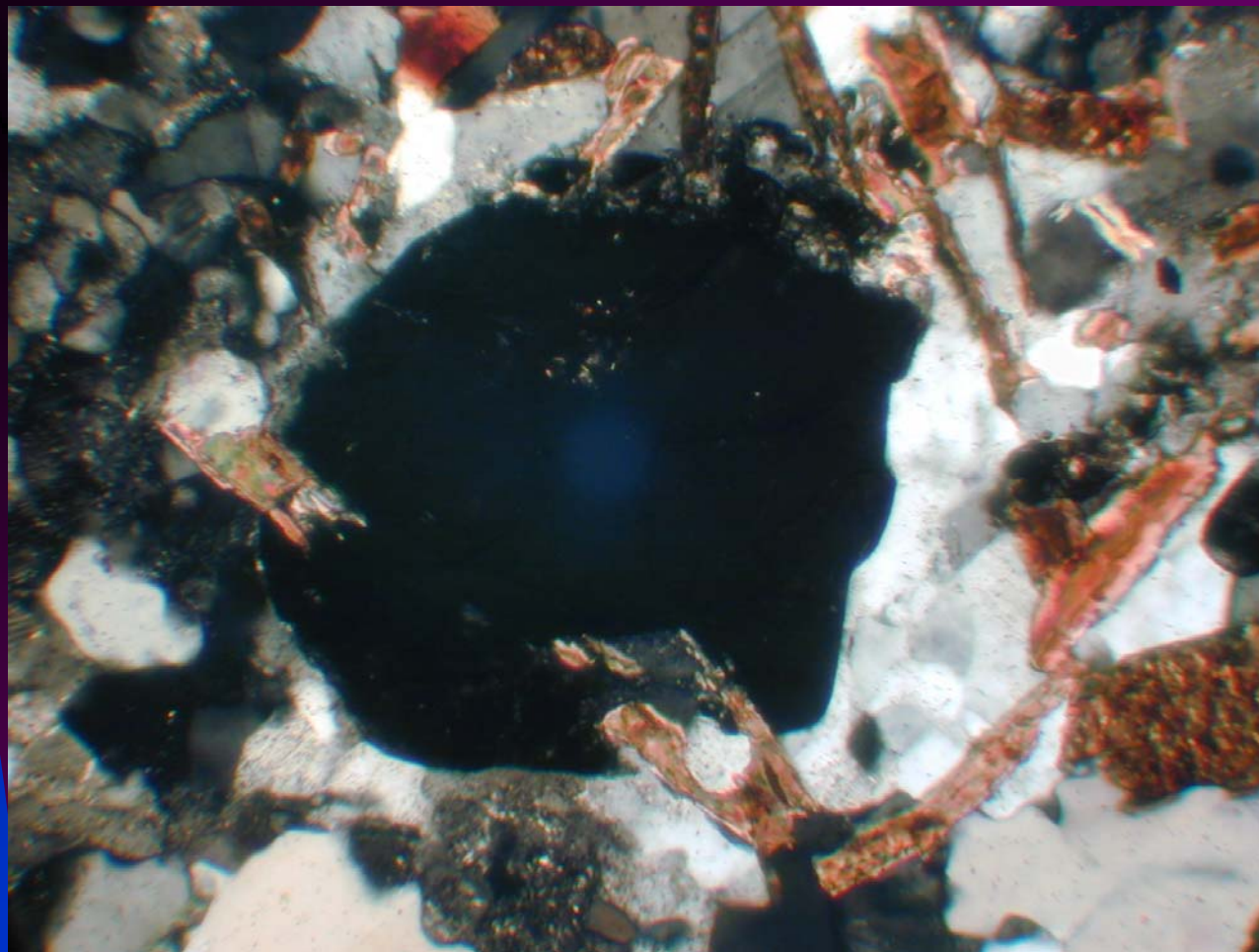
- **Grossular** $Ca_3 Al_2 [SiO_4]_3$

automorfně omezená zrna, bezbarvý až světle zelený, velmi často zonální a opticky anomální, $n = 1,73 - 1,77$. Častý ve kontaktně i regionálně metamorfovaných vápenatých a slinitých horninách (mramory, skarny), s přibývajícím Fe přechází do andraditu, který se vyskytuje v podobných paragenezích. Minerální parageneze: diopsid, wollastonit, kalcit, vesuvián.

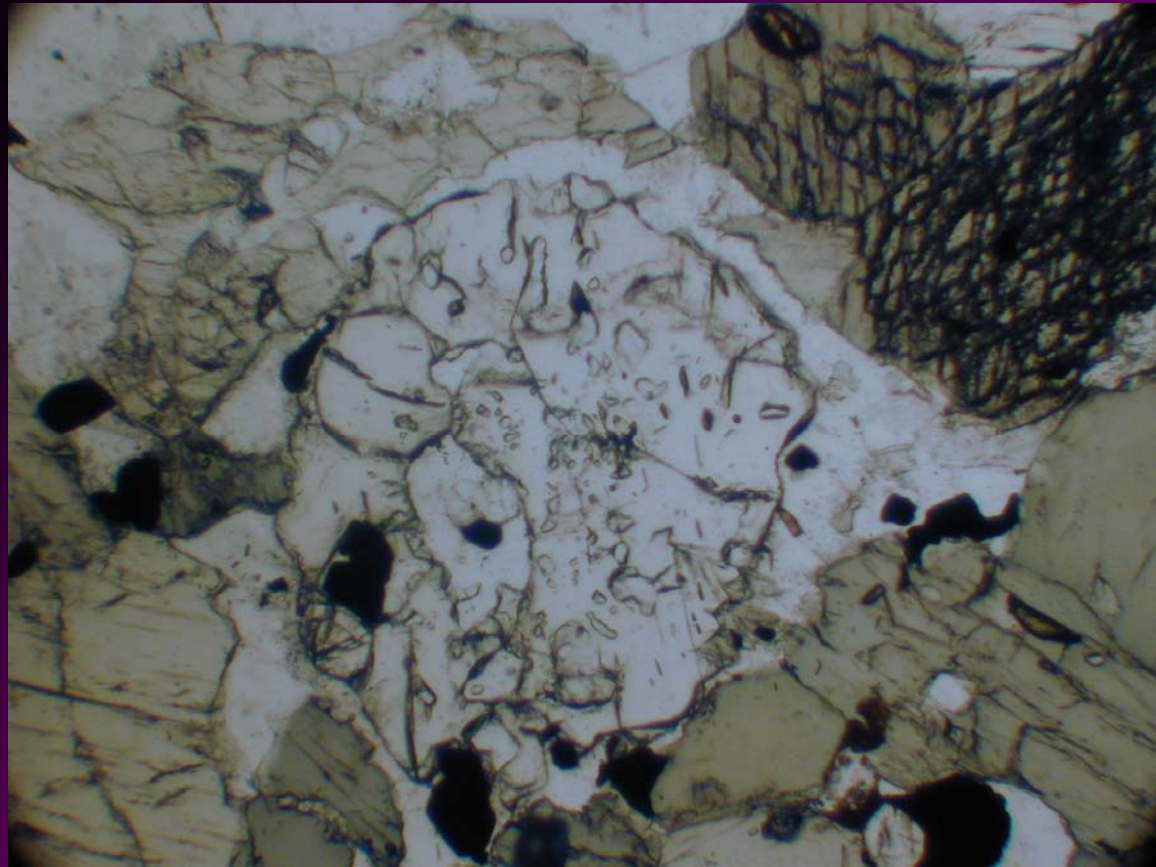
izometrické zrno granátu s vystupujícím reliéfem a nepravidelnými trhlinami, biotit, křemen; 1 nikol



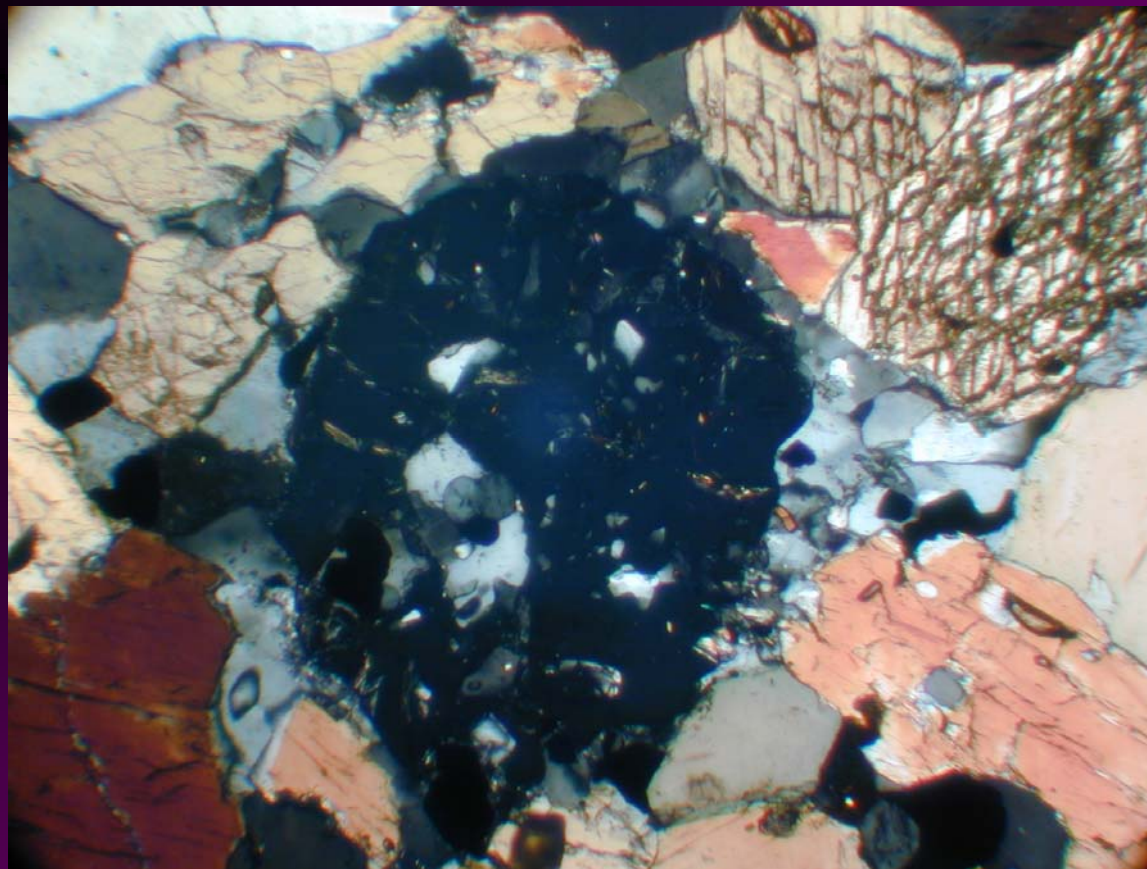
izotropie granátu, zkř. nikoly



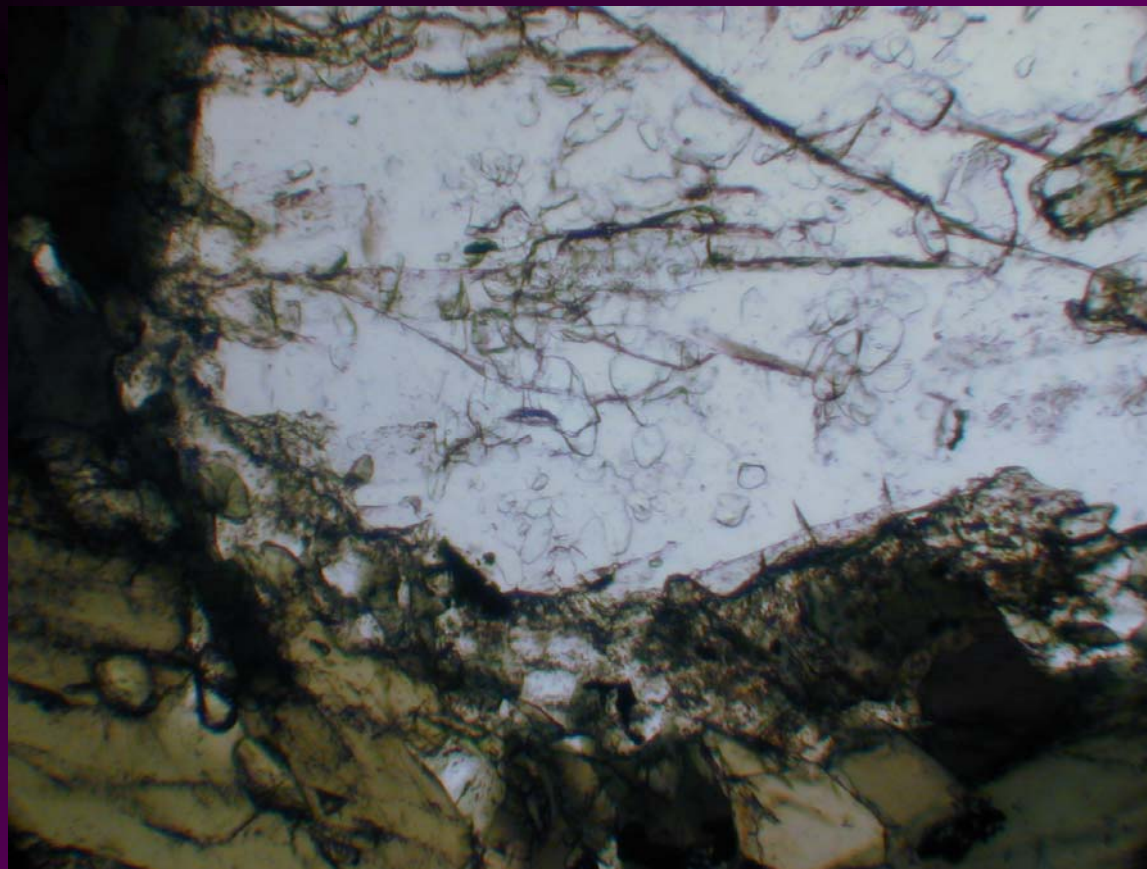
izometrické zrno granátu s inkluzemi, amfiboly;
amfibolit, 1 nikol



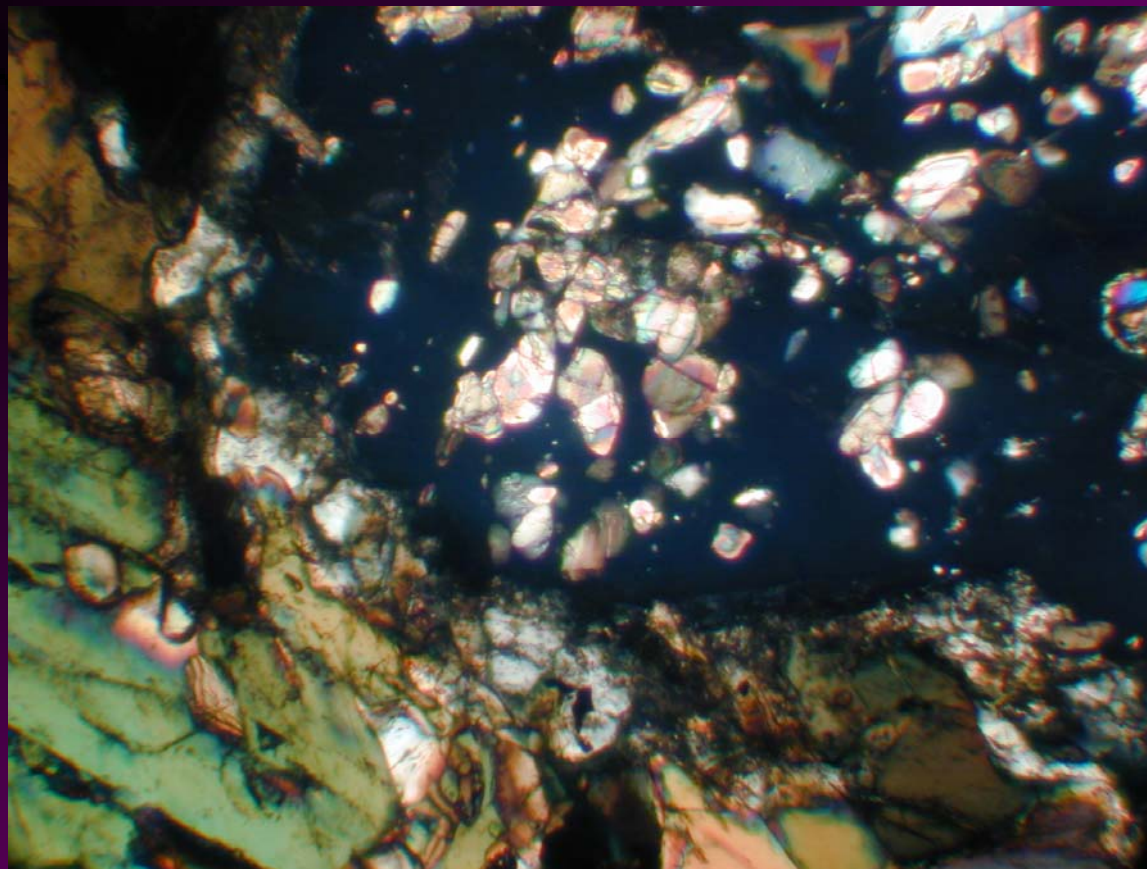
izometrické zrno granátu s inkluzemi, amfiboly;
amfibolit, zkř. nikoly



zrno granátu, amfibol; amfibolit, 1 nikol



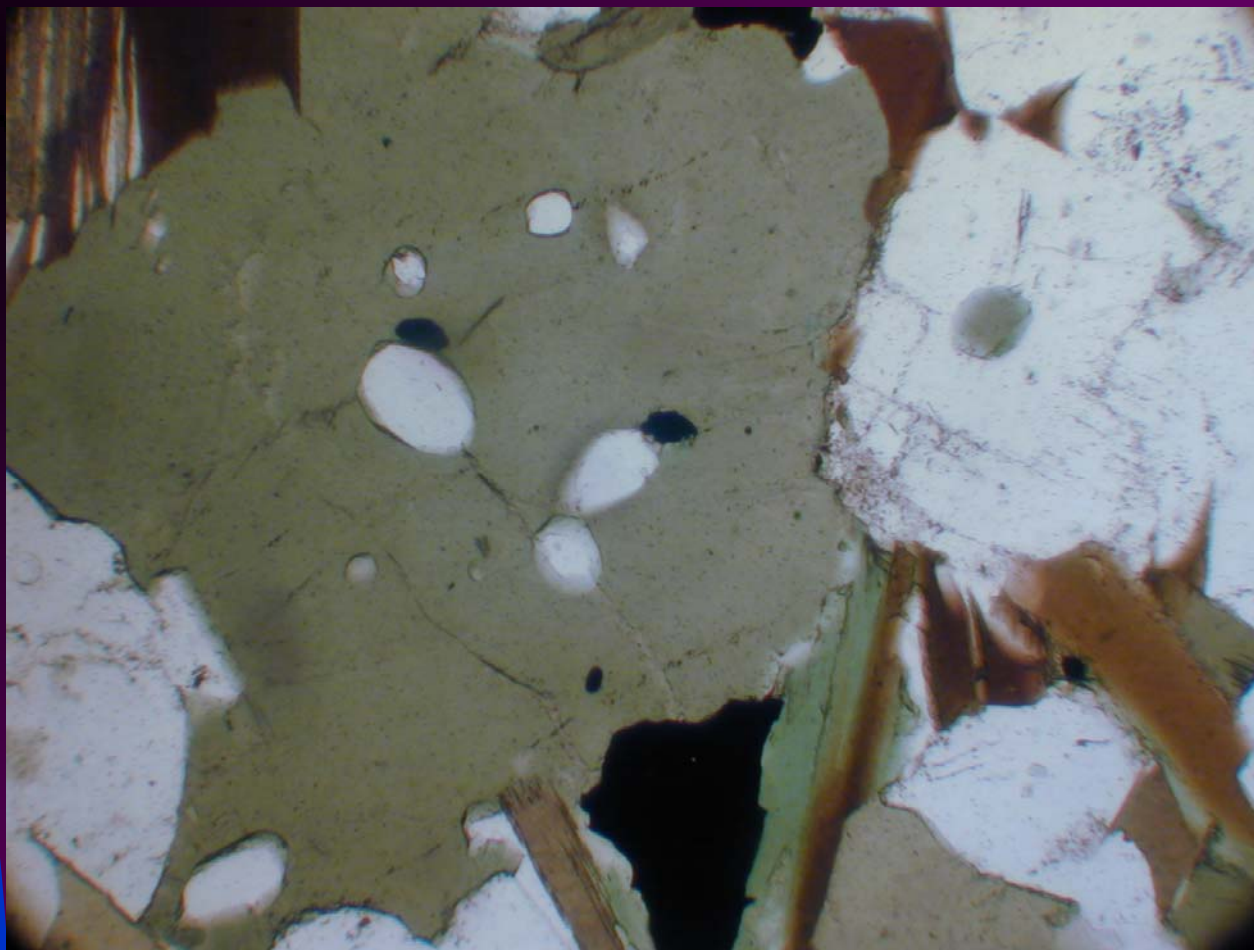
zrno granátu, amfibol; amfibolit, zkř. nikoly



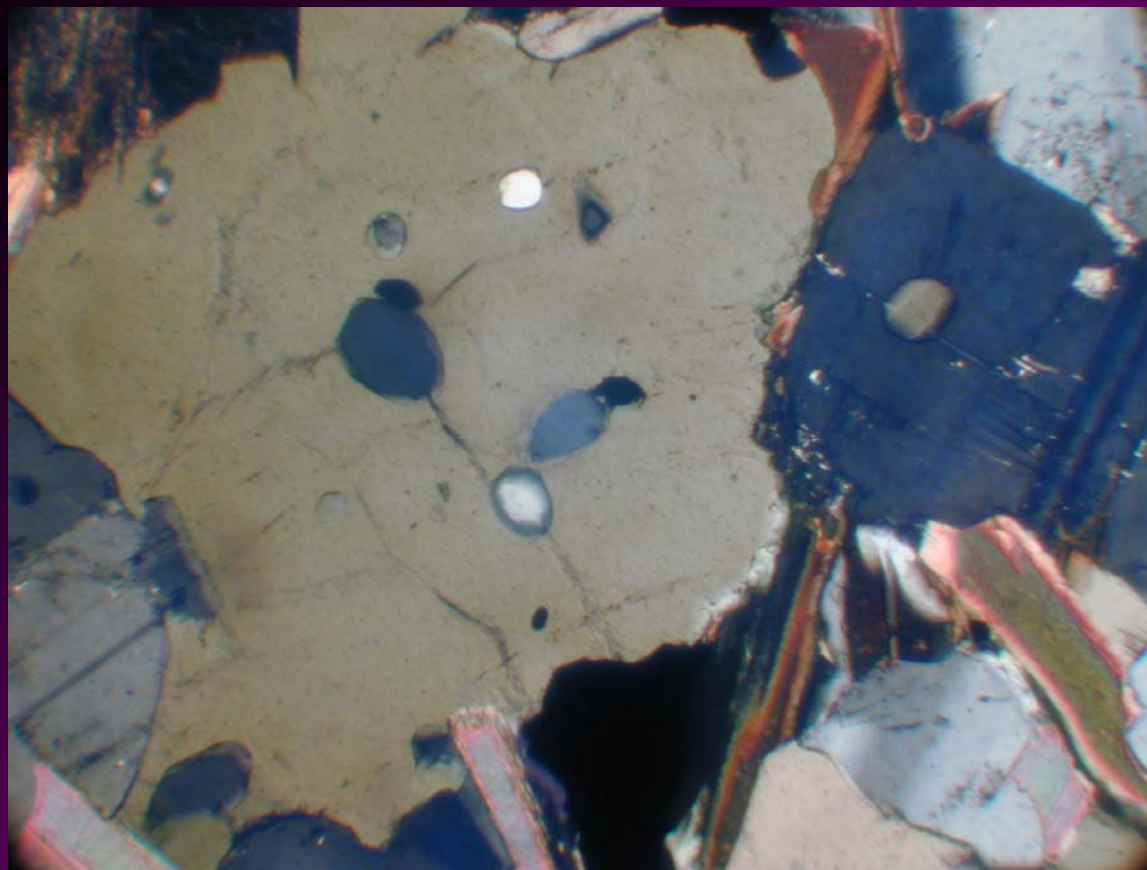
Apatit $\text{Ca}_5 [(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl}) | (\text{PO}_4)_3]$

- krátce či dlouze sloupcovité podélné průřezy často zaoblené, bazální řezy šestiúhelníkové
- bezbarvý
- výrazný reliéf, nízké interferenční barvy, někdy zřetelná štěpnost. V tmavých minerálech může mít kolem sebe pleochroické dvůrky. Drobné inkluze mohou být uspořádány zonálně a způsobovat různé zbarvení. Vzácně anomálně dvojosý s $2V = 0 - 20^\circ$.
- $n(\omega) = 1,634$, $n(\varepsilon) = 1,631$
- $D = 0,003$, Chm-, Chz-
- nedokonalá (0001), spíše odlučnost
- stabilní
- běžná akcesorie vyvřelých a metamorfovaných hornin. (např. granitoidy, syenity, gabroidní horniny, pegmatity, greiseny). V sedimentech je obsažen v těžkém podílu.

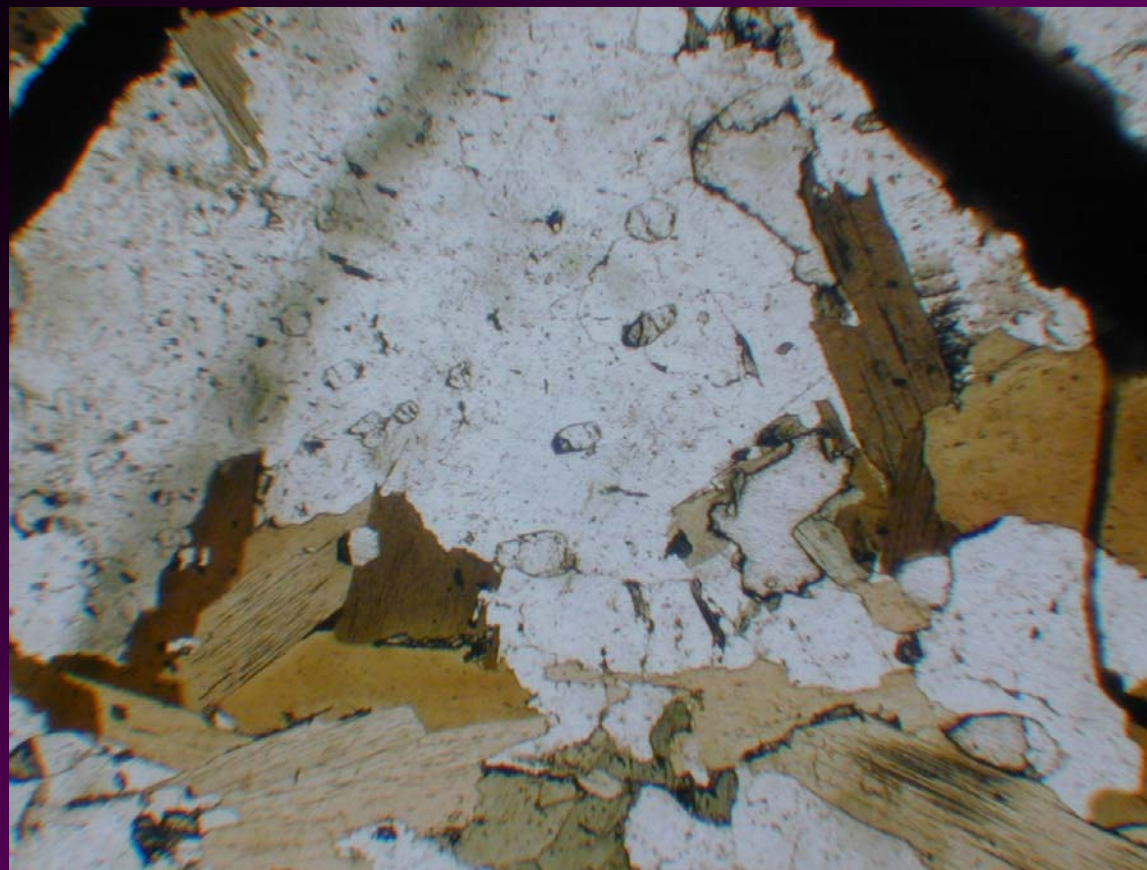
apatit v amfibolu; rula, 1 nikel



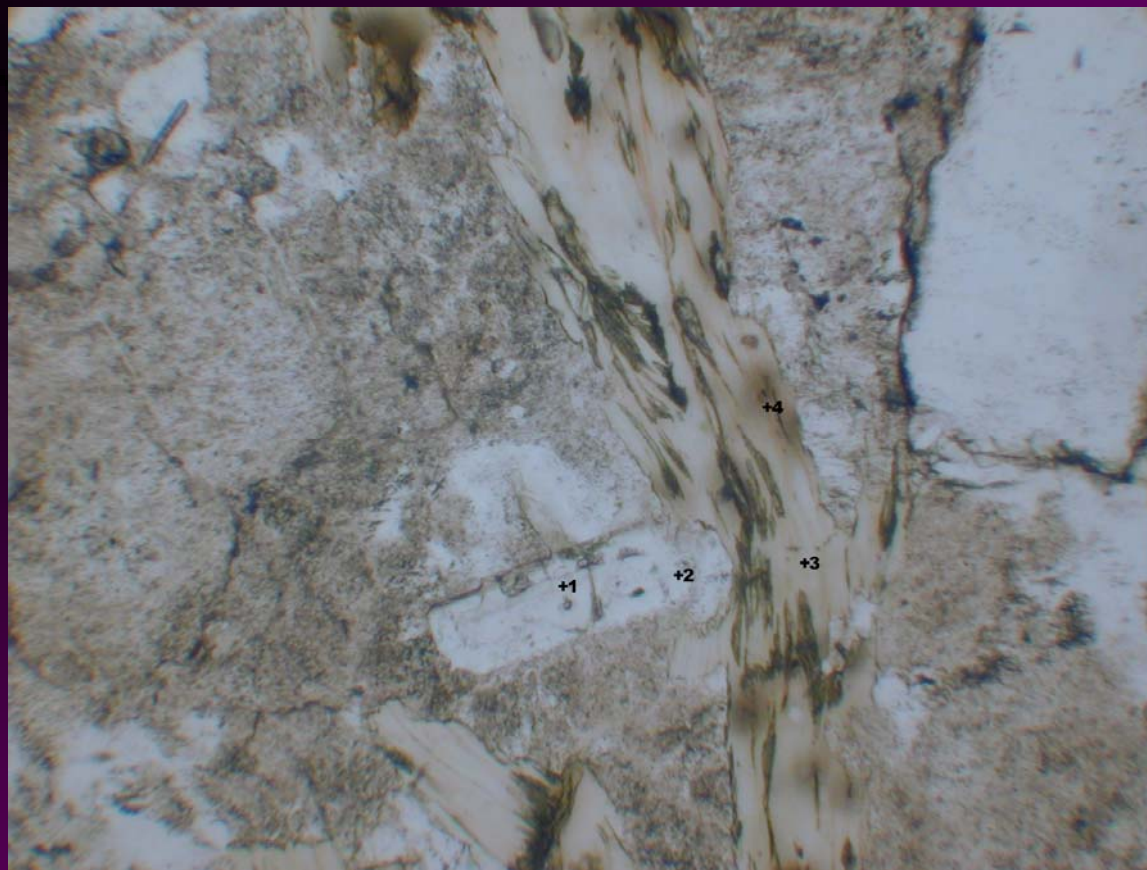
apatit v amfibolu; rula, zkř. nikoly



zrnka apatitu v živci, biotit; diorit, 1 nikol



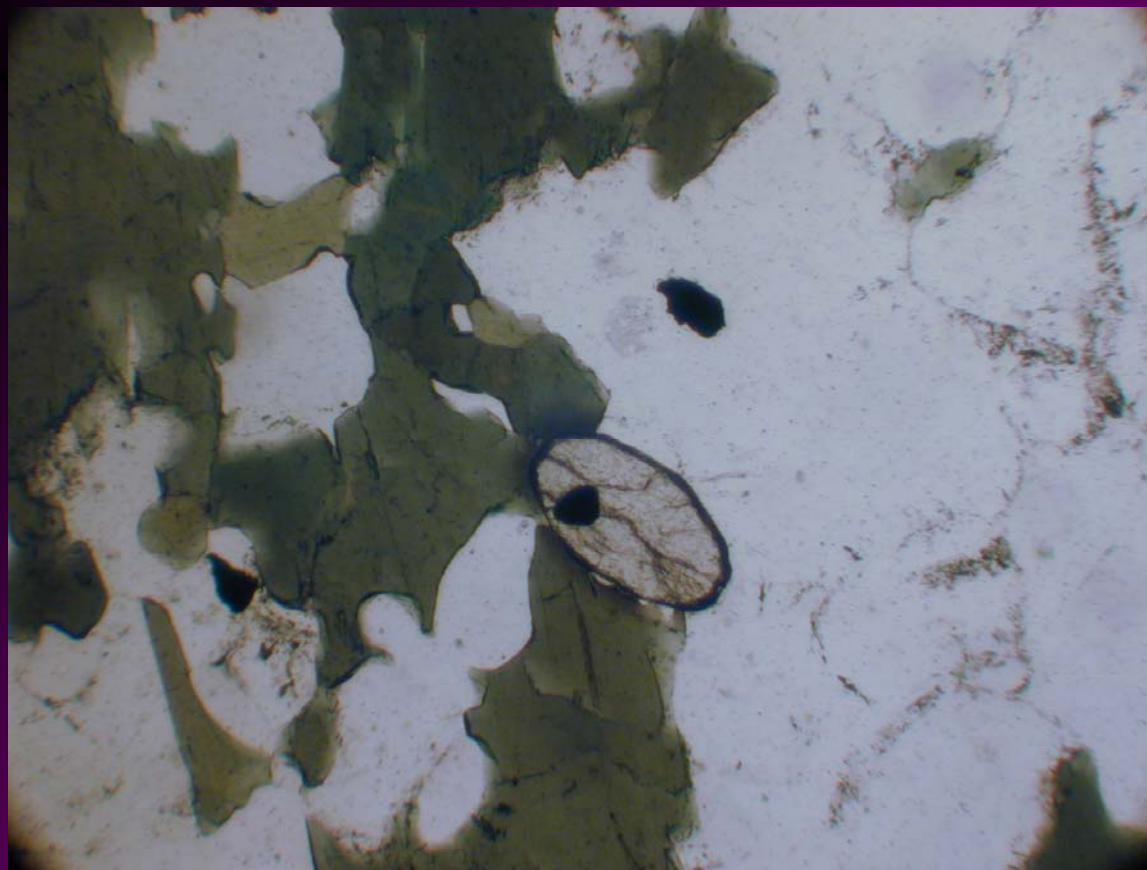
apatit (1, 2), chlorit (3, 4), plagioklas; granit, 1 nikol



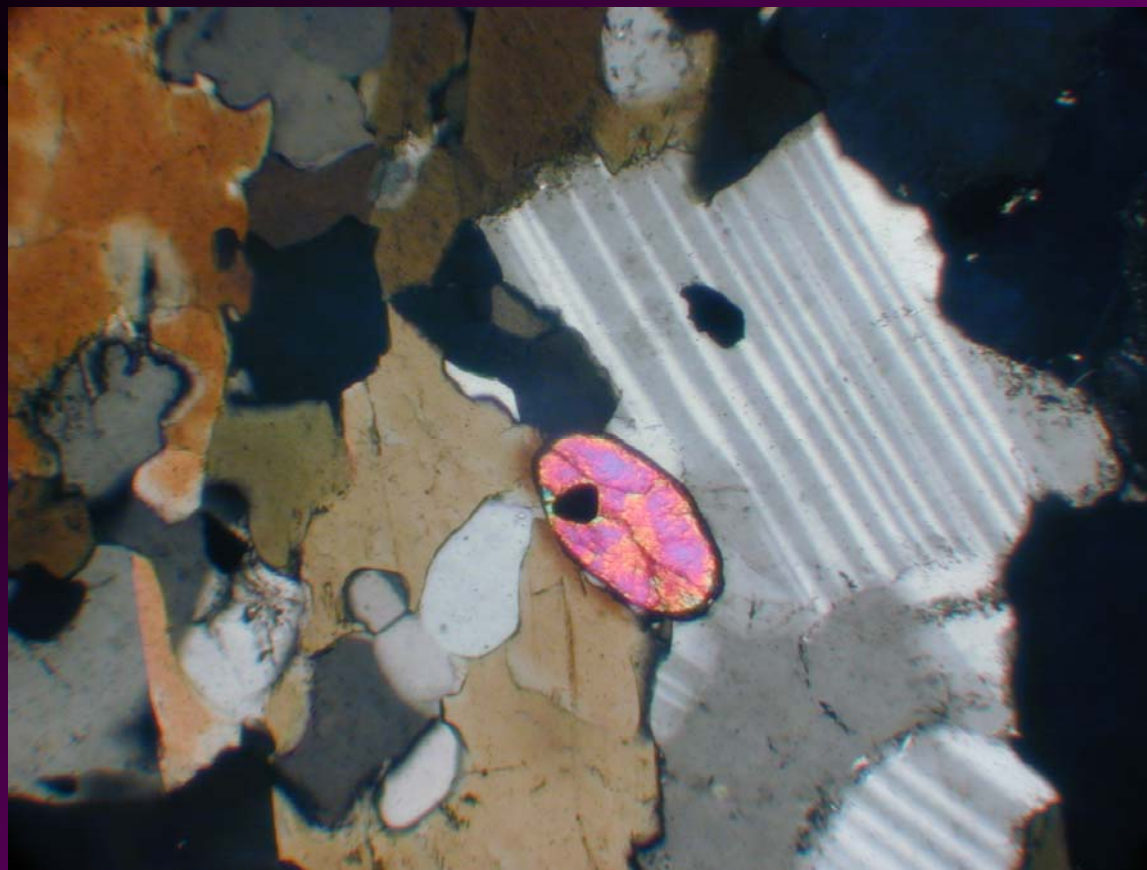
Zirkon $ZrSiO_4$

- různě dlouhé sloupečky nebo zaoblená zrna, příčné průřezy čtvercové
- bezbarvý, vzácně světle hnědý
- má velmi vysoký reliéf s tmavými okraji, drsný povrch a nápadně vysoký dvojlom. Nezřídka má zonální stavbu a obsahuje inkluze magnetitu, biotitu, kasiteritu a dalších minerálů. Často je sám uzavírán v biotitu, amfibolu nebo cordieritu a mívá kolem sebe pleochroické dvůrky. Obsahuje-li U nebo Th bývá metamiktně přeměněný. Někdy je anomálně dvojosý s $2V = 10^\circ$.
- $n(\omega) = 1,922 - 1,96$, $n(\epsilon) = 1,961 - 2,015$
- $D = 0,042 - 0,065$, Chm+, Chz+
- běžná akcesorie kyselejších intruzív (granitoidy, syenity, pegmatity), karbonatitů, albititů, fylitů, svorů a rul. V bazických horninách je Zr zabudováno do pyroxenů a protoje vzácný. Vyskytuje se i v sedimentech, s ostatními těžkými minerály se hromadí v rozsypech.

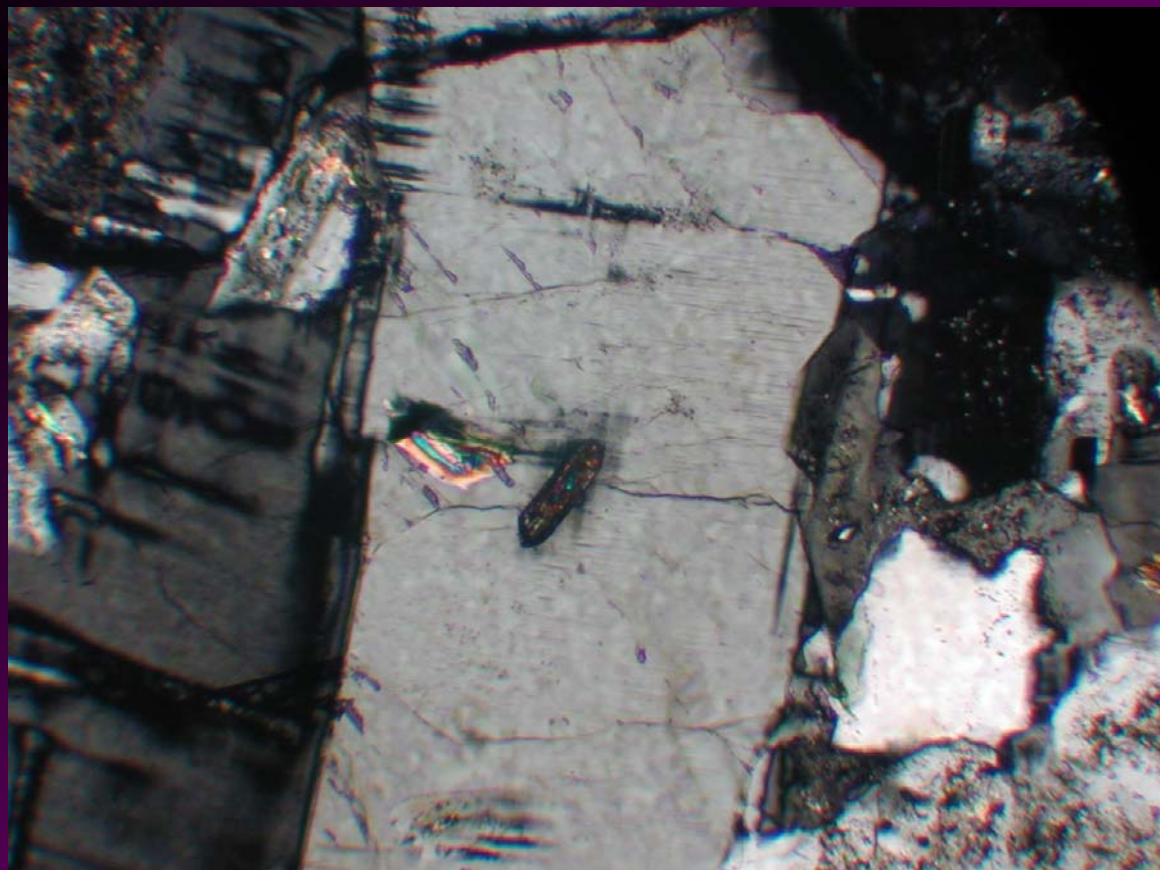
zirkon, amfibol, plagioklas; rula, 1 nikol



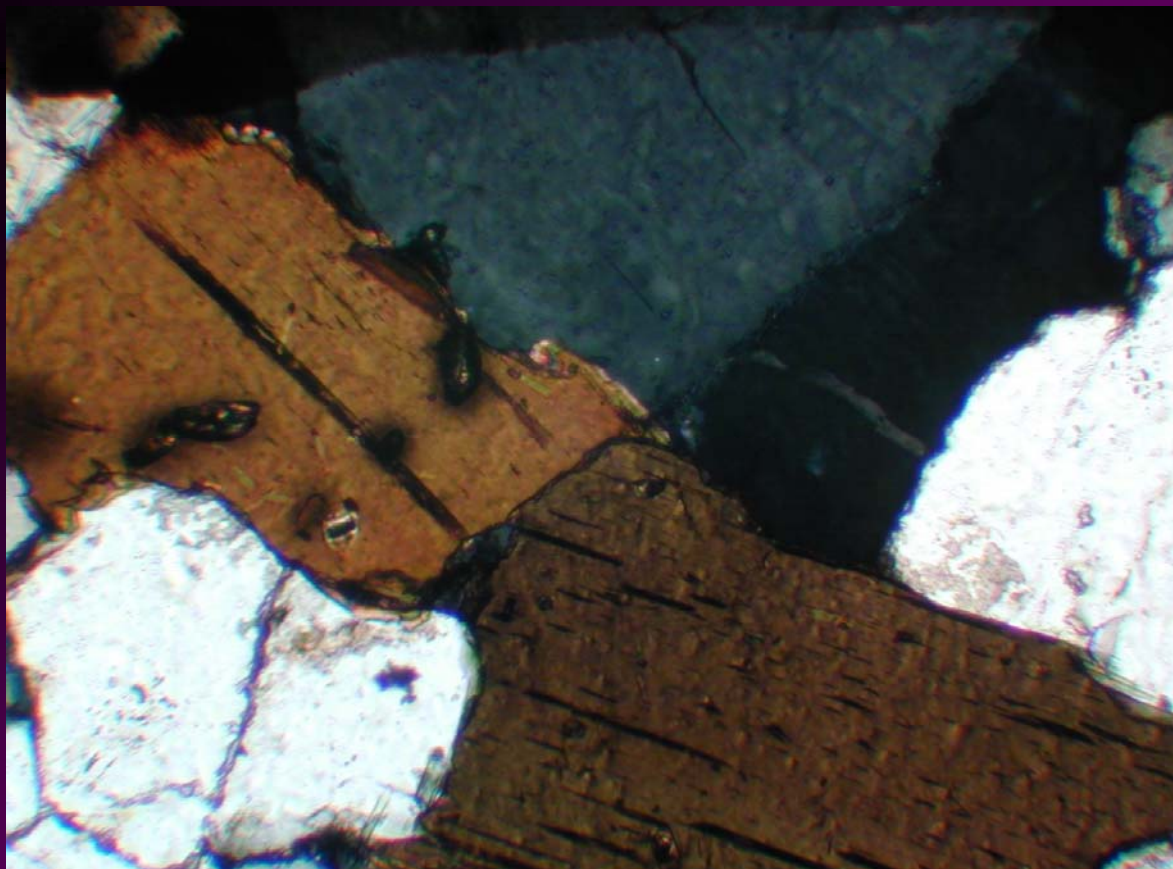
zirkon, amfibol, plagioklas; rula, zkř. nikoly



zirkon v ortoklasu; granit, zkř. nikoly



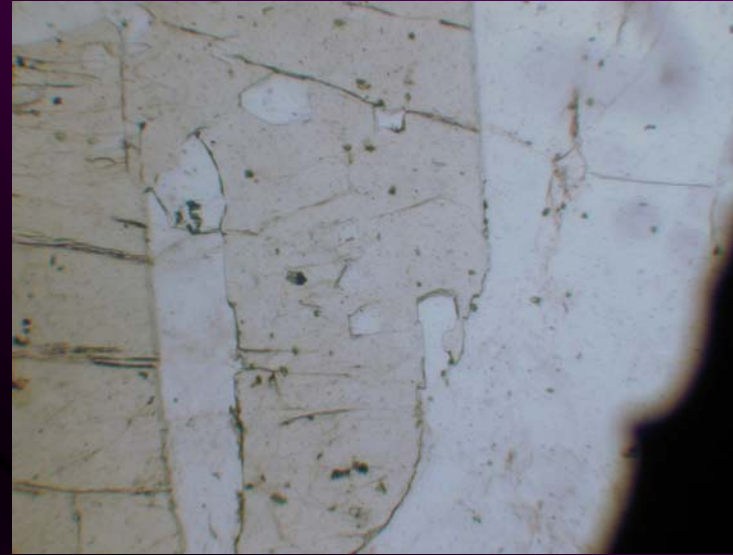
zirkon v biotitu; granit, zkř. nikoly



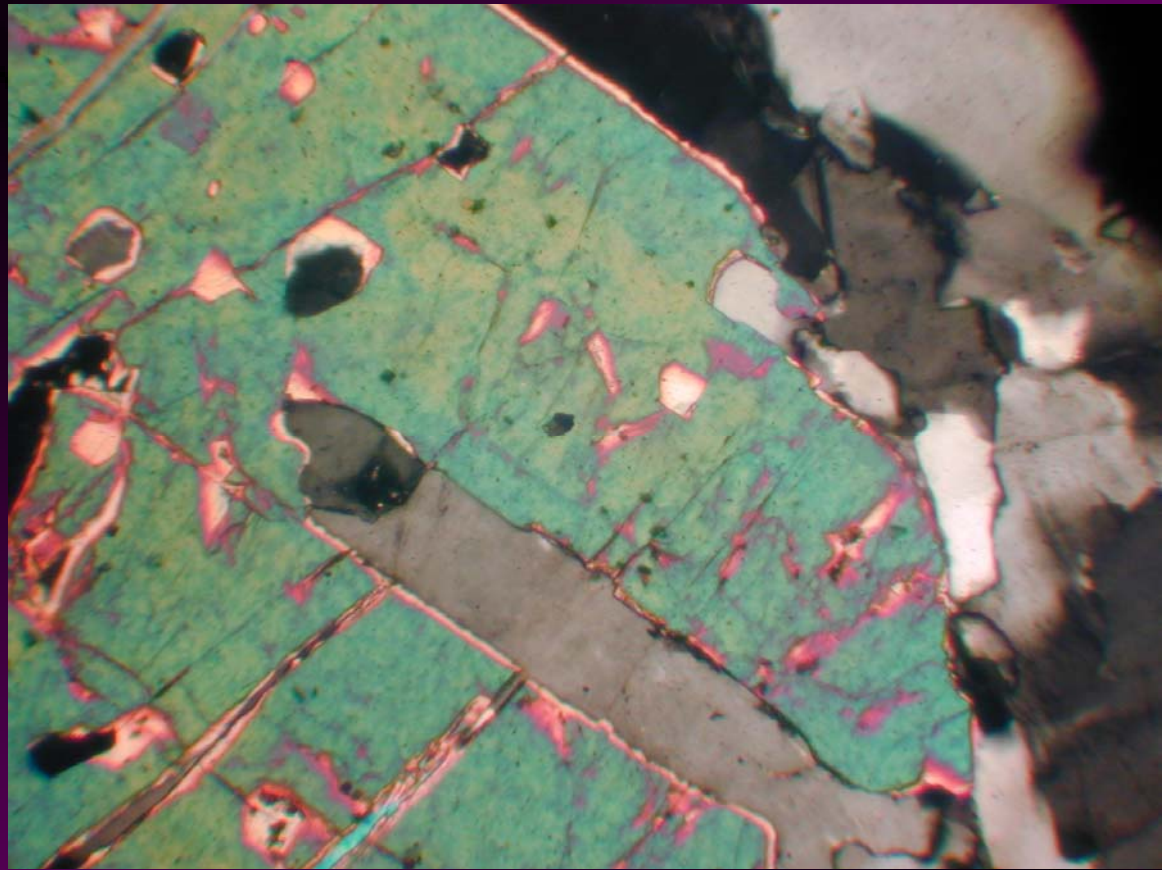
Skupina turmalínu

- jako horninotvorný minerál má největší význam skoryl
- krátce i dlouze sloupcovité průřezy, jehlicovitý, radiálně paprscitý, příčné průřezy zpravidla ditrigonální
- barva je velmi rozmanitá od světle žluté přes zelenou až po hnědou
- zpravidla má pozitivní reliéf, nápadným znakem je velmi silný pleochroismus, kdy absorpce ve směru řádného paprsku je větší ($\omega \gg \varepsilon$). Vzhledem k optickému charakteru je ve směru kolmém na osu c tmavší a rovnoběžně s ní světlejší. V příčných řezech je častá zonálnost. Anomální dvojosost vykazuje malý úhel $2V$.
- $n(\omega) = 1,660 - 1,650$; $n(\varepsilon) = 1,660 - 1,671$
- $D = 0,025 - 0,035$; Chm-, Chz-
- štěpnost nemá, častá je nepravidelná odlučnost kolmo k protažení
- je hojnou akcesorií kyselých granitů, běžný je v pegmatitech, s titanitem, epidotem nebo prehnitem na alpských žilách. Je součástí i některých metamorfitů - především rul a svorů, může tvořit i monominerální horninu - turmalínovec.
- minerální parageneze: lepidolit, topaz, beryl, apatit

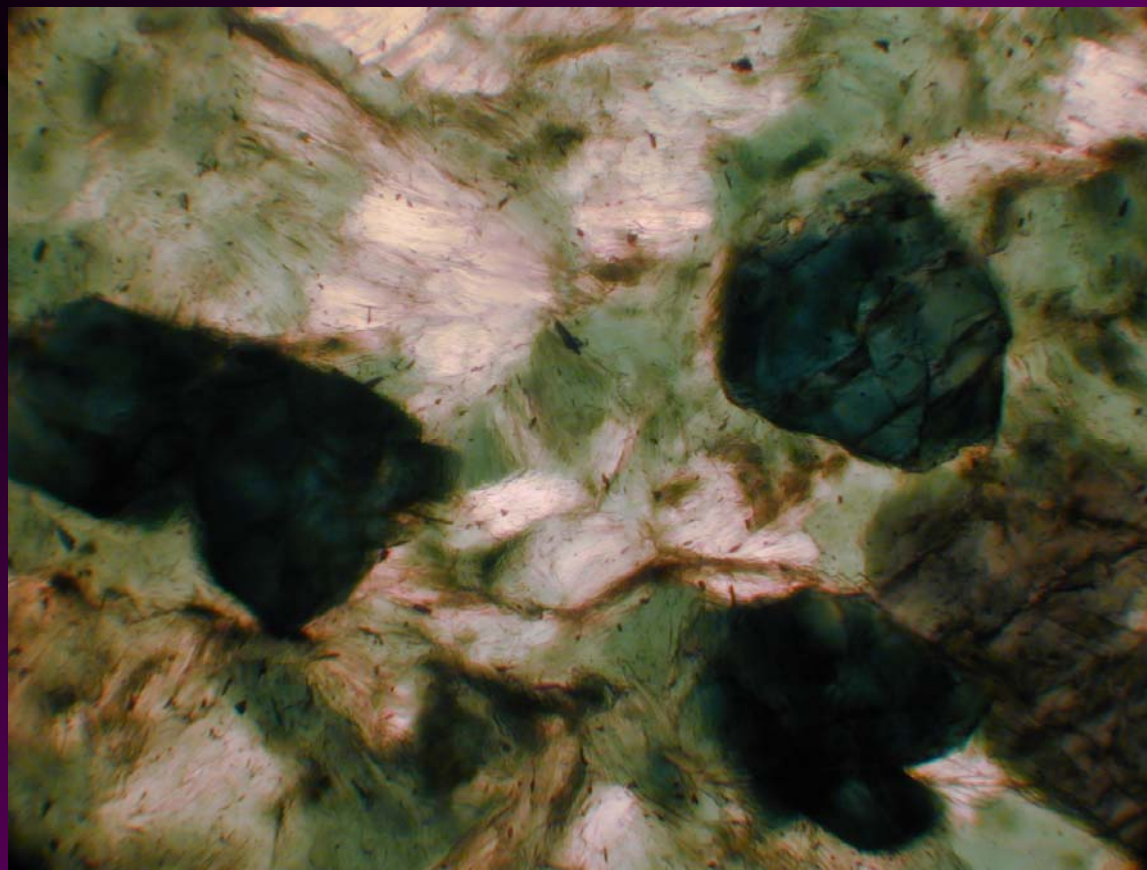
sloupcovité zrno turmalínu (ve směru c světlejší odstín, ve směru kolmo k c tmavší odstín);
rula, 1 nikol



sloupcovité zrno turmalínu (interferenční barvy);
rula, zkř. nikoly



řez turmalínu kolmo k ose c, chlorit; 1 nikol



řez turmalínu kolmo k ose c, chlorit; zkř. nikoly

