

Optické vlastnosti horninotvorných minerálů III

Pro studenty Mineralogie I a Mikroskopie minerálů a hornin

sestavil Václav Vávra

Obsah prezentace

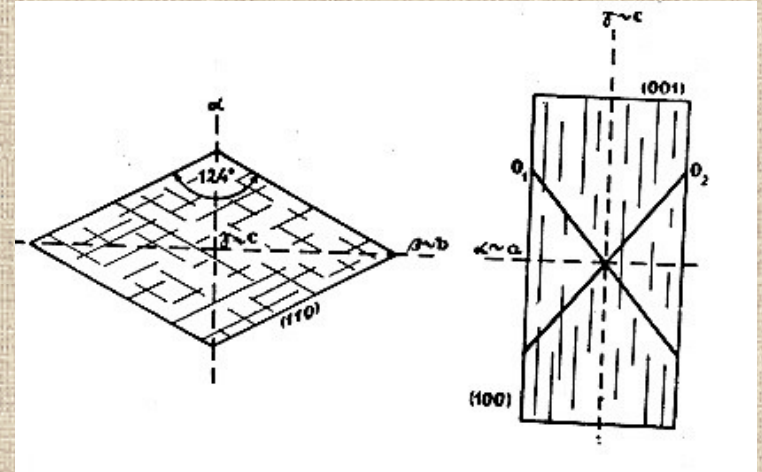
➤ rombické amfiboly	3
➤ monoklinické amfiboly	5
➤ skupina granátu	23
➤ andalusit	33
➤ sillimanit	37
➤ kyanit	43
➤ staurolit	47
➤ apatit	51
➤ zirkon	56
➤ turmalin	63

Rombické amfiboly

- ze skupiny rombických amfibolů se v horninách nejčastěji vyskytuje řada **antofylitu** $(\text{Mg,Fe}^{+2})_7 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2 (\text{OH})_2$
- zpravidla tvoří dlouze prizmatické, sloupcovité nebo jehlicovité krystaly, často také ve formě radiálně paprscitých, sférolitických nebo paralelně vláknitých (azbesty) agregátů.
- zpravidla je bezbarvý, s vyšším obsahem Fe zelenavý nebo hnědavý, lesk skelný
- ve výbruse obvykle bezbarvý, s přibývajícím obsahem Fe je světle žlutý až světle zelený se zřetelným pleochroismem
- typická je amfibolová štěpnost svírající v příčném řezu (001) úhel 124° . Podélné průřezy mohou mít kromě štěpnosti i příčnou odlučnost
- hodnoty indexů lomu a dvojlomu řady antofylitu stoupají s obsahem Fe:
 $n_\alpha = 1,605 - 1,654$
 $n_\beta = 1,620 - 1,672$
 $n_\gamma = 1,642 - 1,690$
 $D = 0,017 - 0,020$

Rombické amfiboly - optické charakteristiky

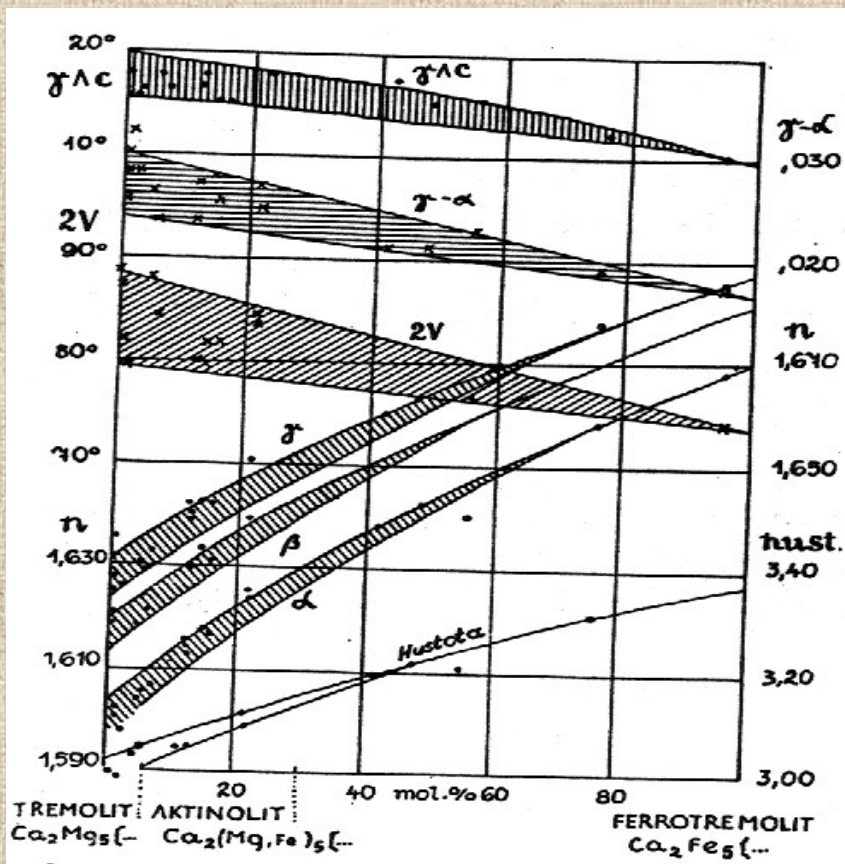
- Ro odpovídá (010), $\gamma = z$, Chm i Chz +, úhel $2V$ kolem 80°
- nejčastěji se vyskytuje jako sekundární produkt v ultrabazických horninách v reakčních zónách při styku s intruzívou
- v metamorfovaných horninách je znám z amfibolitů, amfibolických rohovců, cordieritových rul, hadců a skarnů
- ve vyvřelých horninách bývá vzácně jako sekundární produkt, např. v kelyfitických obrubách olivínu
- minerální parogeneze: aktinolit



Monoklinické Mg-Fe amfiboly

- nejběžnější ze skupiny Mg-Fe amfibolů je řada *tremolit* $\text{Ca}_2\text{Mg}_5 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ - *feroaktinolit* $\text{Ca}_2\text{Fe}_5 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$
- tremolit tvoří převážně dlouze sloupcovité prizmatické krystaly, jehlicovité nebo vláknité agregáty, je zpravidla bezbarvý nebo šedý se zelenavým nádechem. Aktinolit má podobný vývin, většinou je zbarven v zelených odstínech.
- ve výbruse je tremolit zpravidla bezbarvý, aktinolit má se zvyšujícím se podílem Fe až intenzivně zelenou barvu. Zřetelný pleochroismus má podle α světla žlutozelenou, podle β světla zelenožlutou a podle γ světla modrozelenou barvu.
- štěpnost dokonalá (110), charakteristická je v příčných řezech, v podélných řezech může být viditelná příčná odlučnost

Monoklinické Mg-Fe amfiboly



S obsahem železa indexy lomu stoupají a dvojlom mírně klesá (tremolit - aktinolit):

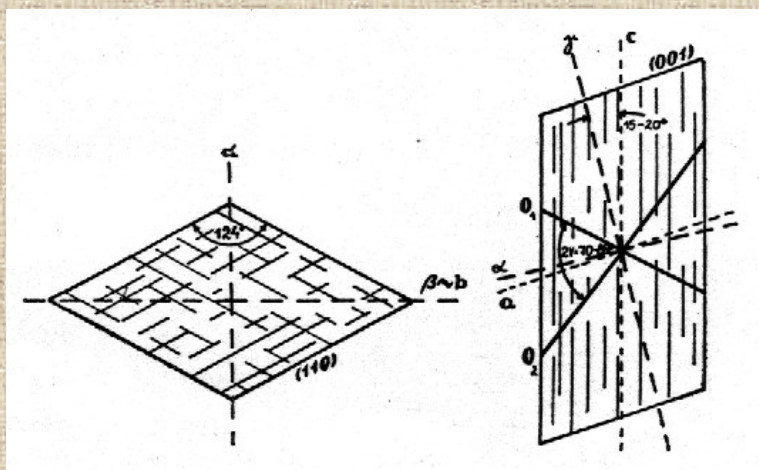
$$n_\alpha = 1,608 - 1,647$$

$$n_\beta = 1,618 - 1,659$$

$$n_\gamma = 1,630 - 1,667$$

$$D = 0,022 - 0,020$$

Monoklinické Mg-Fe amfiboly



Tremolit řez (001) a (010).

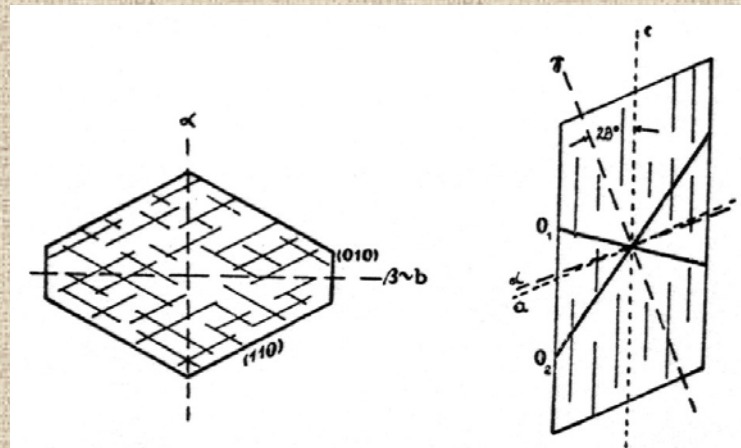
- úhel zhášení $\gamma/z = 10^\circ-15^\circ$, v příčných řezech je zhášení symetrické. Ro odpovídá (010), $\beta = y$, Chm-, Chz+
- tremolit $2V(\alpha) = 85^\circ$, aktinolit $2V(\alpha) = 80^\circ$
- tremolit se může podél štěpnosti měnit na mastek, aktinolit se vzácně mění na minerály serpentínové 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 a bazaltech.
- Minerální parageneze:
tremolit - kalcit, mastek, antigorit;
aktinolit - chlorit, epidot, křemen

Monoklinické amfiboly - obecné amfiboly

- jedná se o skupinu amfibolů s různým složením, které nejčastěji spadají do skupiny Ca a Ca-Na amfibolů (hastingsit, tschermakit, pargasit a další)
- obecné amfiboly tvoří zpravidla krátce prizmatické až jehlicovité krystaly, nebo zrnité agregáty, zpravidla tmavě zelené barvy, se skelným leskem
- automorfní krystaly bývají ve vulkanických horninách, běžně tvoří hypautomorfní nebo xenomorfní zrna nebo vláknité agregáty
- barva ve výbruse je v nejrůznějších odstínech zelené barvy, velmi výrazný je 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 $\gamma/z = 14^\circ\text{-}20^\circ$, tschermakit má $\gamma/z = 15^\circ\text{-}22^\circ$.
- kolem inkluzí minerálů s obsahem radioaktivních prvků jsou časté pleochroické dvůrky.

Monoklinické amfiboly - obecné amfiboly

- 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 - obecné amfiboly

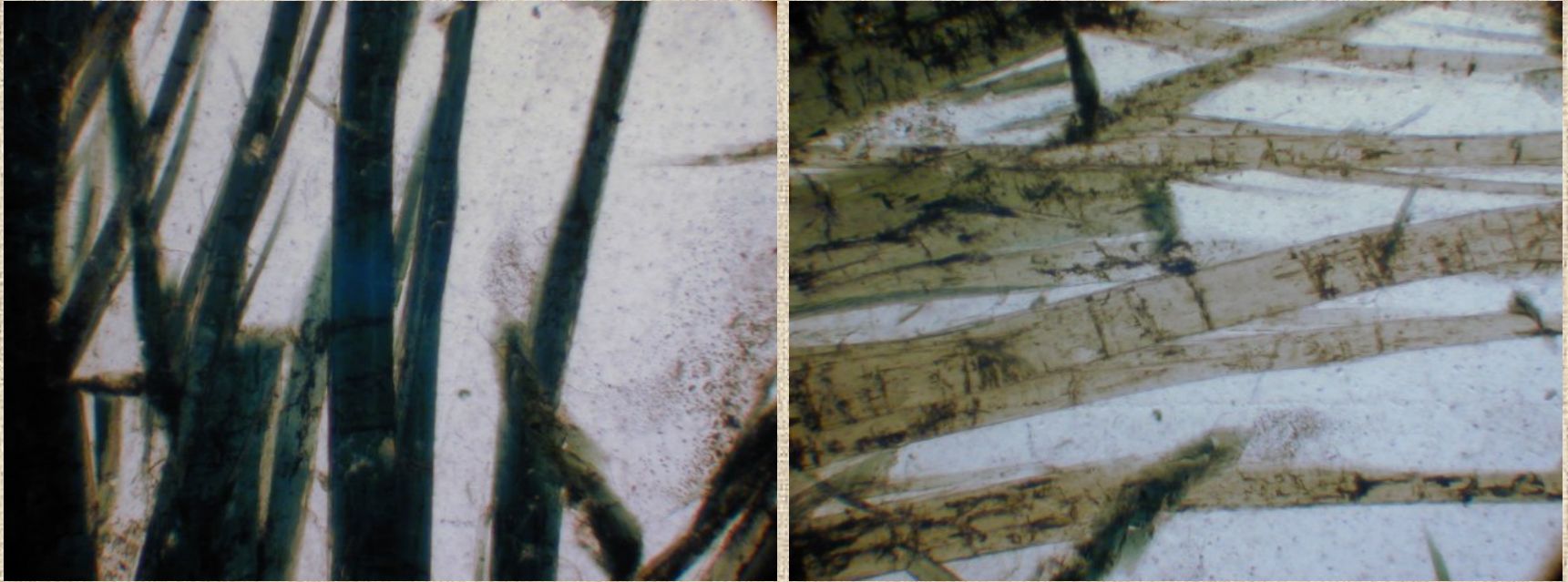
- ve vulkanických horninách je častá alterace způsobená oxidací Fe, kdy vznikají „hnědé“ amfiboly
- v plutonických horninách může docházet k nahrazování biotitem
- v nížce metamorfovaných horninách může při retrográdní metamorfóze docházet k přeměně na aktinolit a dále pak na chlorit a antigorit. Zvětráváním obecných 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 - „čedičové“ amfiboly

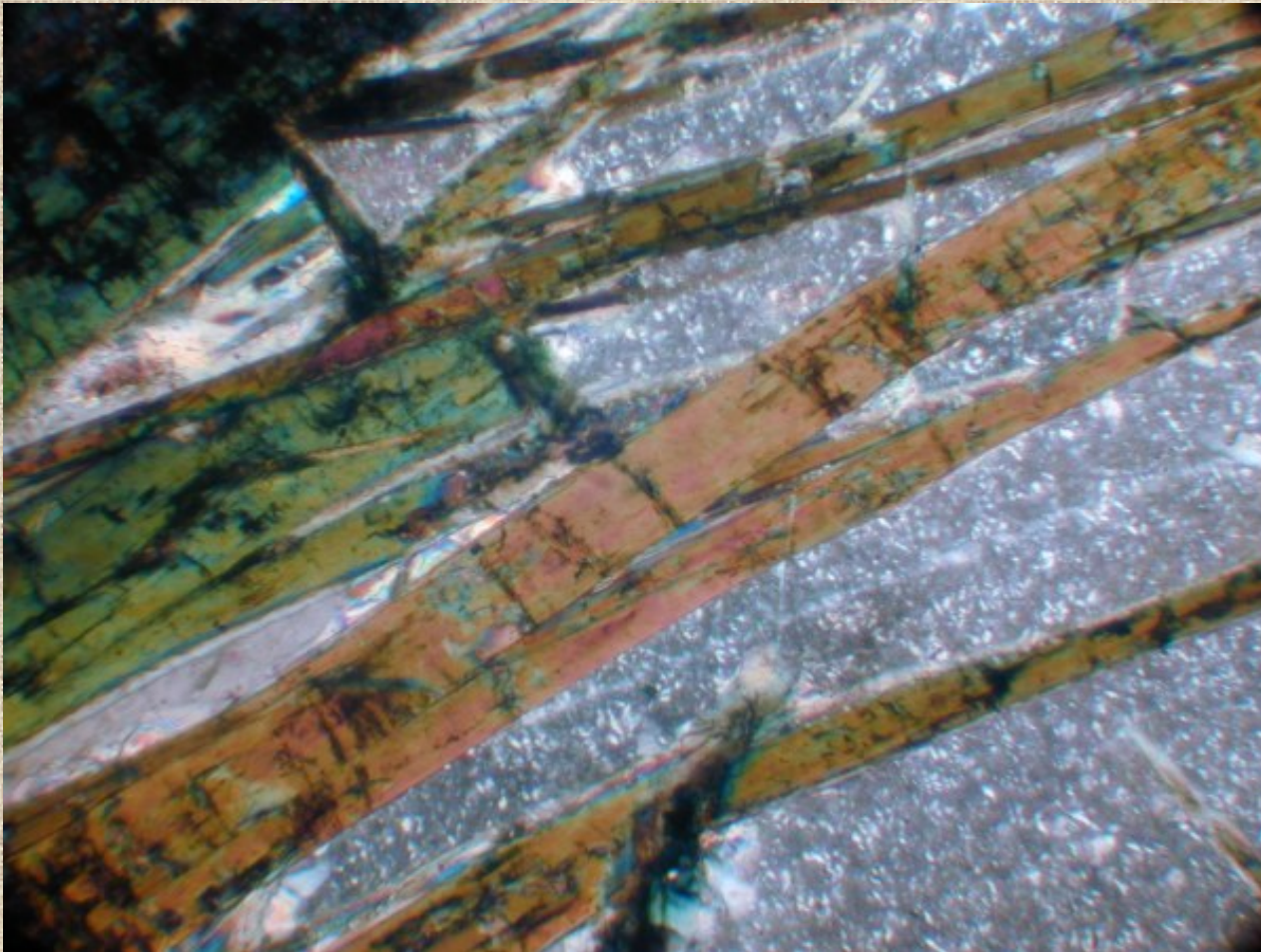
- označení je genetické, protože tyto amfiboly jsou typické především ve vulkanických horninách. V jejich struktuře převažuje Fe^{+3} nad Fe^{+2} a skupina OH^- je často zastoupena O^{2-} (výsledná barva je nejčastěji hnědá). Často též vznikají oxidací „zelených“ amfibolů, kdy za teplot kolem 800°C dochází k významným změnám v jejich optických charakteristikách. Jedná se nejčastěji o Na-Ca amfiboly typu baroisitu, katoforitu nebo taramitu.
- tvoří automorfní krystaly, často s korodovanými kraji. Příčné průřezy jsou ve tvaru nepravidelného šestiúhelníku s dvojím systémem amfibolové štěpnosti. Velmi časté jsou srůsty, kdy rovina srůstu půlí 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 - „čedičové“ amfiboly

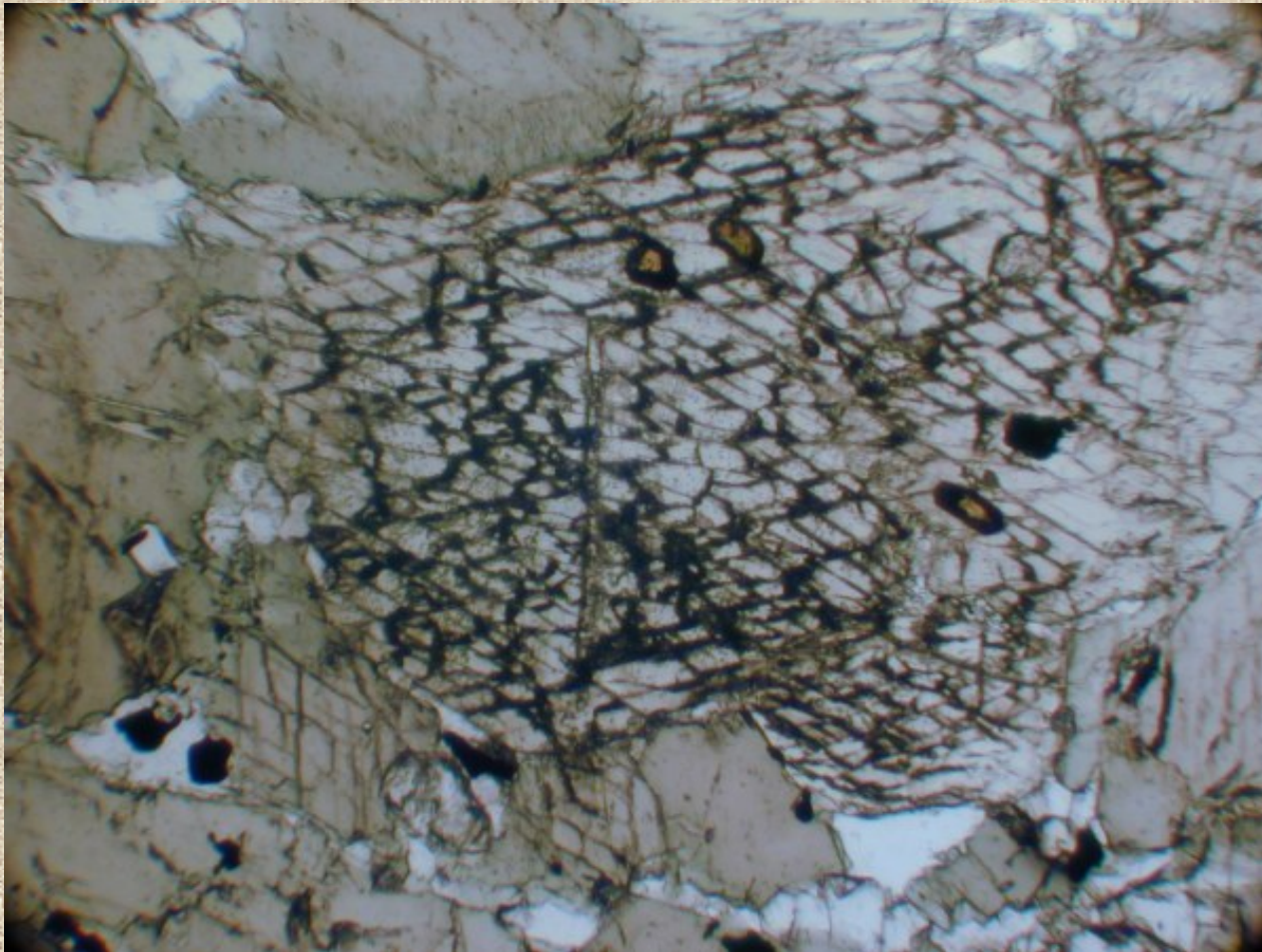
- štěpnost dokonalá (110), někdy odlučnost podle (001), (010)
- pokles tlaku v magmatu často způsobuje porušení stability těchto amfibolů, což vede k nahrazování agregátem magnetitu, hematitu a diopsidického pyroxenu. Proces se označuje jako opacitizace. Méně časté jsou přeměny na biotit, chlorit. Snižování tlaku vede také ke vzniku magmaticky korodovaných zrn.
- nejčastěji se vyskytují v intermediálních a kyselých vulkanických horninách a jejich pyroklastikách, nebo jsou typické pro bazické plutonické i vulkanické horniny (theralit, tefrit, basanit), případně se vyskytují v Na bohatých magmatických horninách (nefelinické syenity)
- minerální parageneze: plagioklas, biotit, pyroxeny; titanaugit, olivín, plagioklas; nefelin, sanidin, augit, arfvedsonit



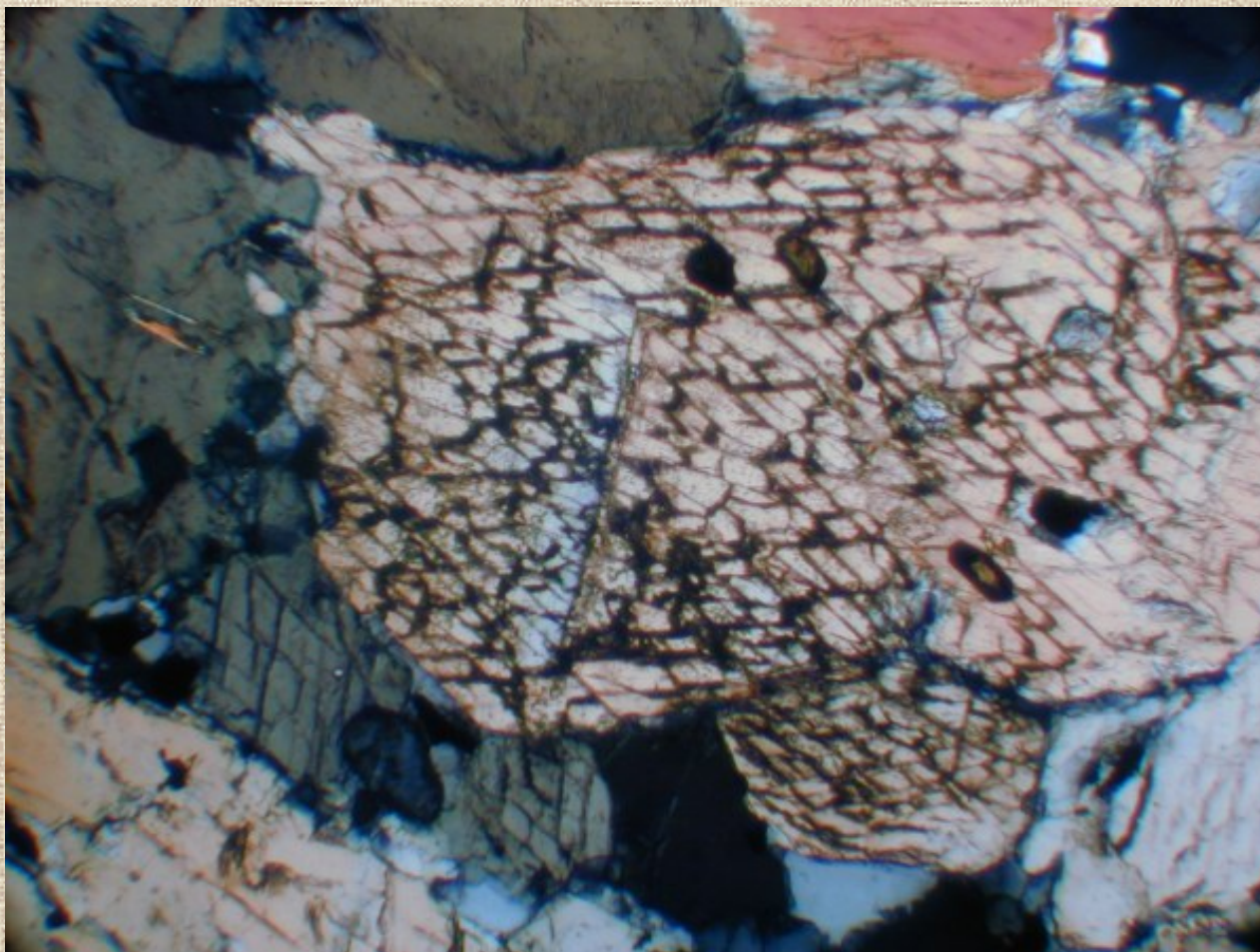
jehlicovitý aktinolit v karbonátu, tmavě zelená barva ve směru protažení (optický směr γ) a světle zelená barva (optický směr α nebo β); PPL



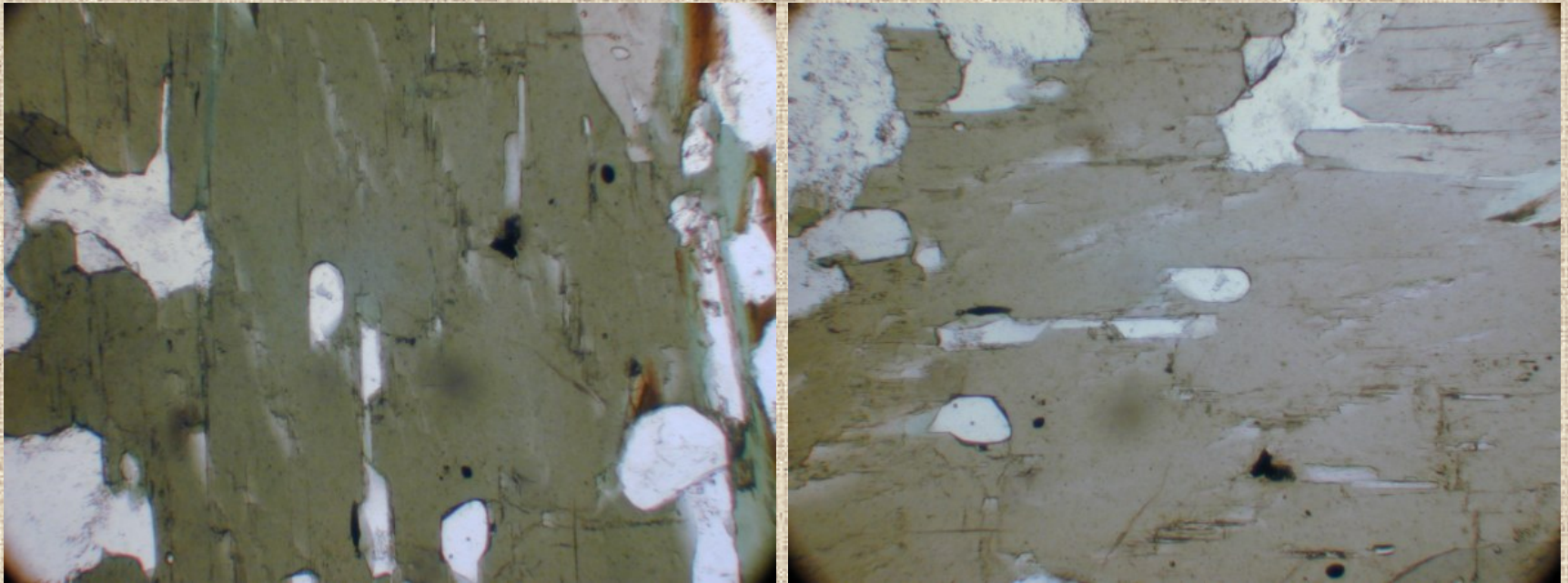
jehlicovitý amfibol v karbonátu, interferenční barvy v pozici 45° od polohy vyhasnutí; XPL



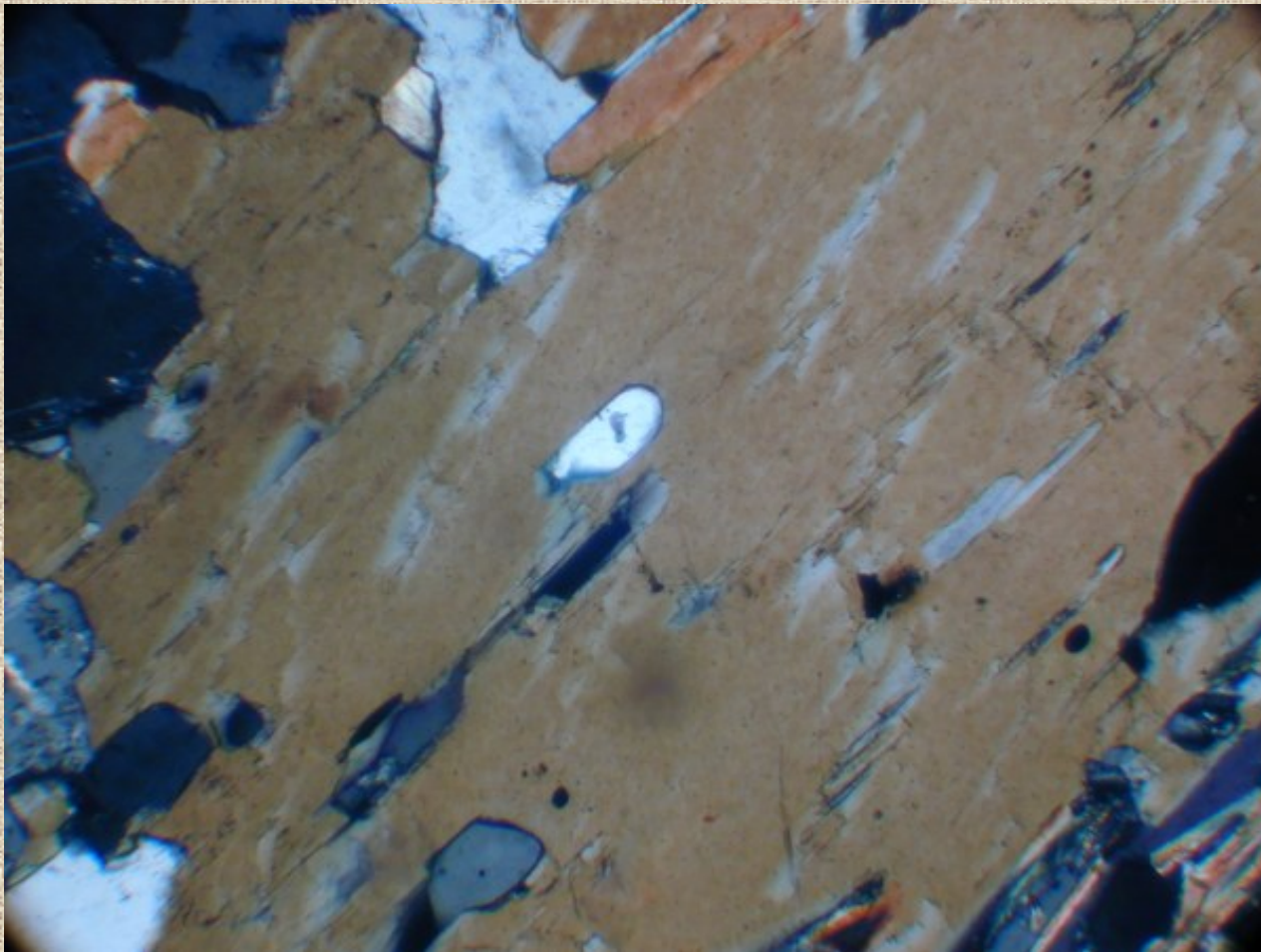
prizmatická štěpnost (110) amfibolu v příčném řezu podle báze (001),
inkluze rutilu, amfibolit; PPL



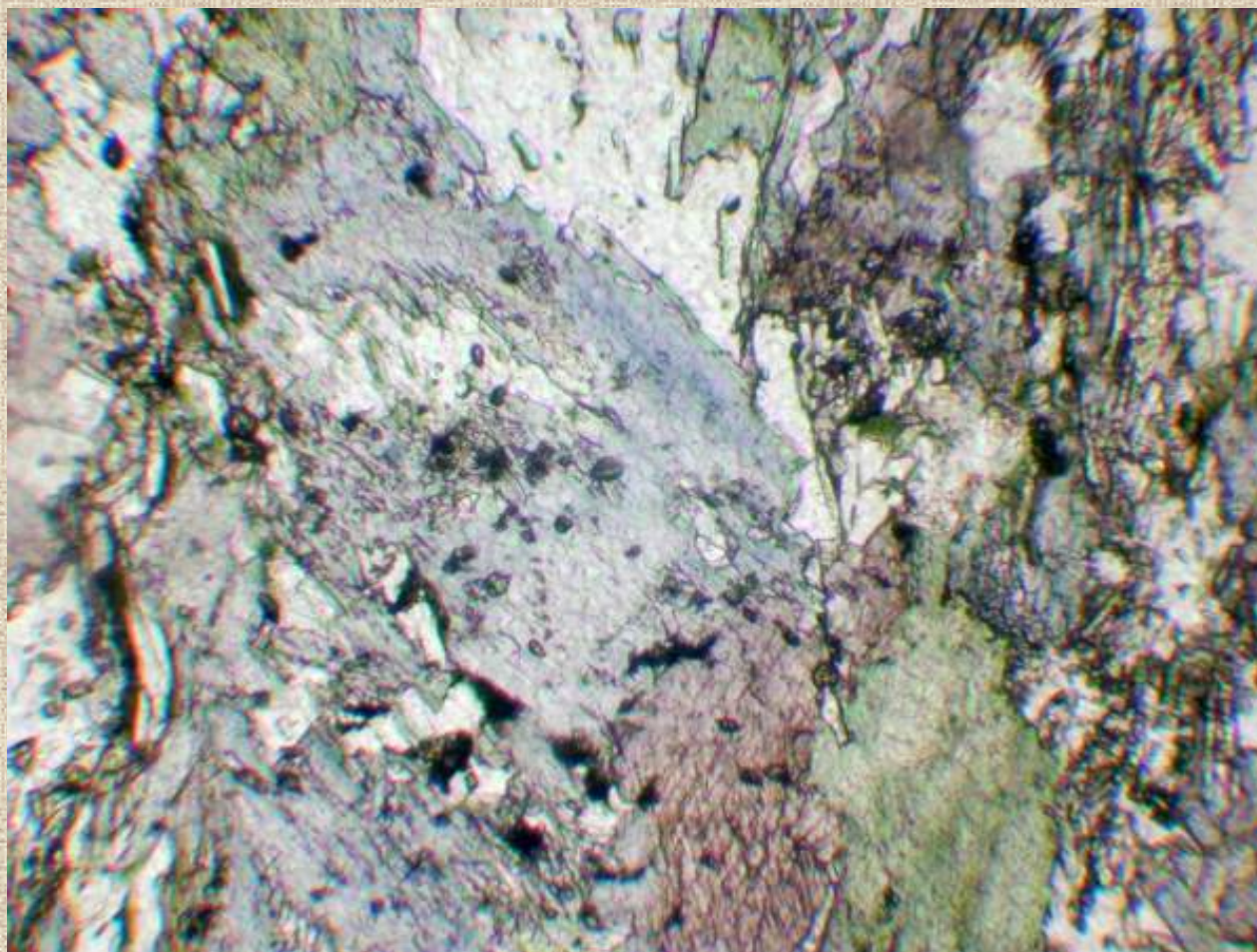
system prismatické štěpnosti v amfibolu svírá úhlem 120° , inkluze rutilu, amfibolit; XPL



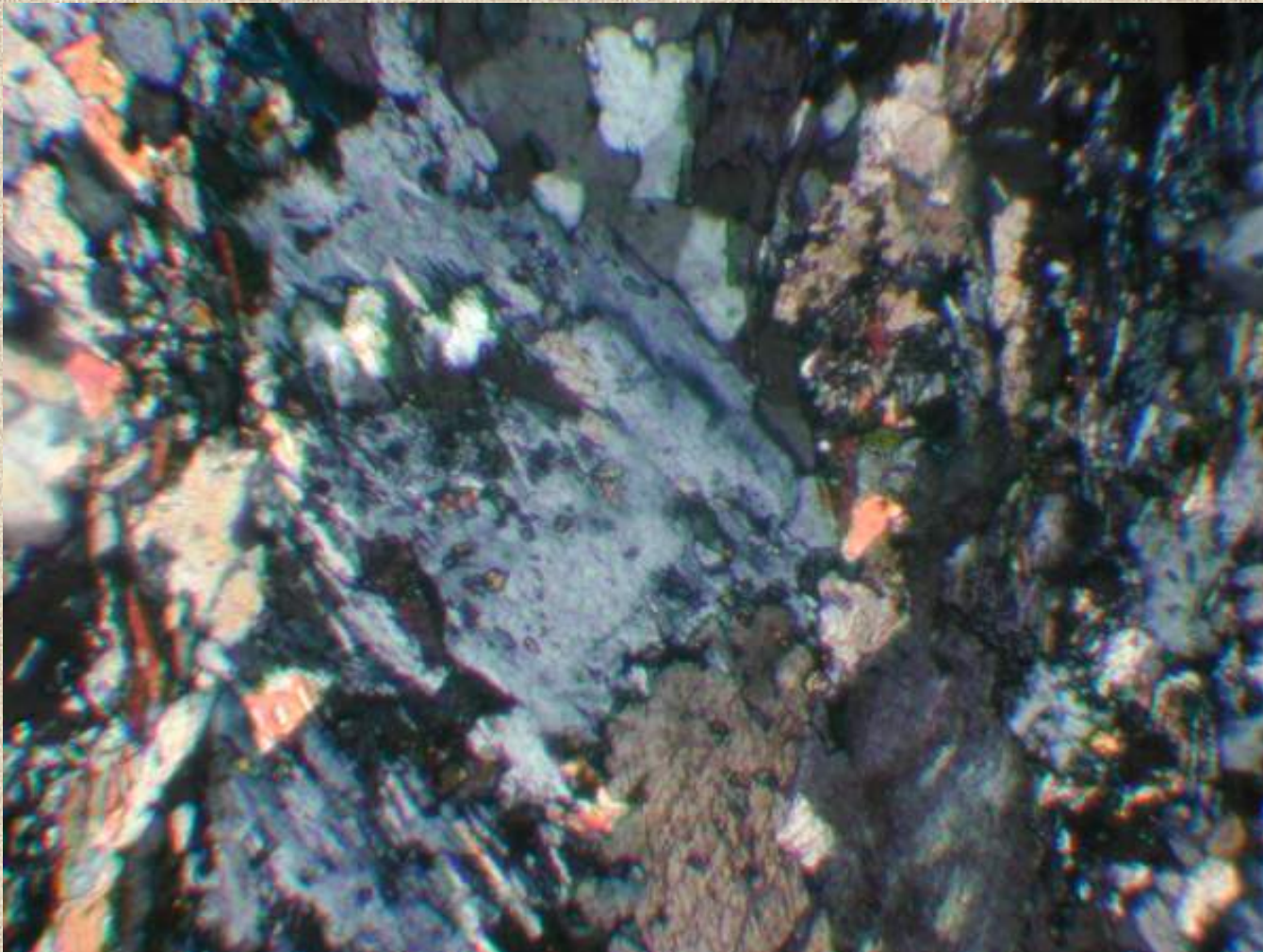
pleochroismus amfibolu – tmavší barva podle γ , světlejší barva ve směru α nebo β , inkluze apatitu, rula; PPL



interferenční barvy amfibolu, inkluze apatitu; rula, XPL



modře zbarvený alkalický amfibol, chlorit, glaukofanová břidlice, PPL



alkalický amfibol, chlorit, glaukofanová břidlice, XPL

Rozlišení pyroxenů a amfibolů

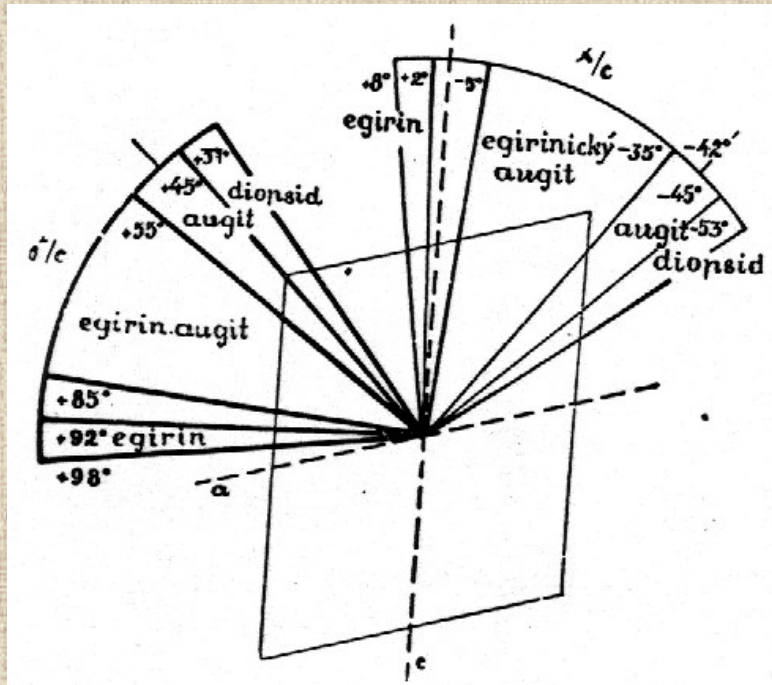
Pyroxeny

- 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°

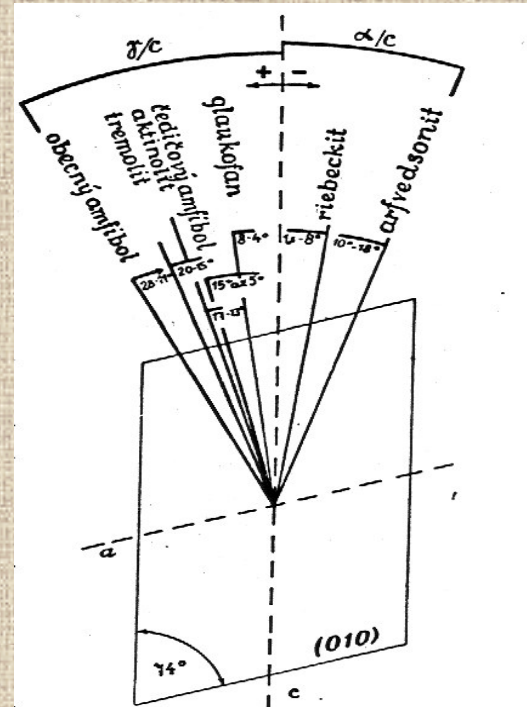
Amfiboly

- 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



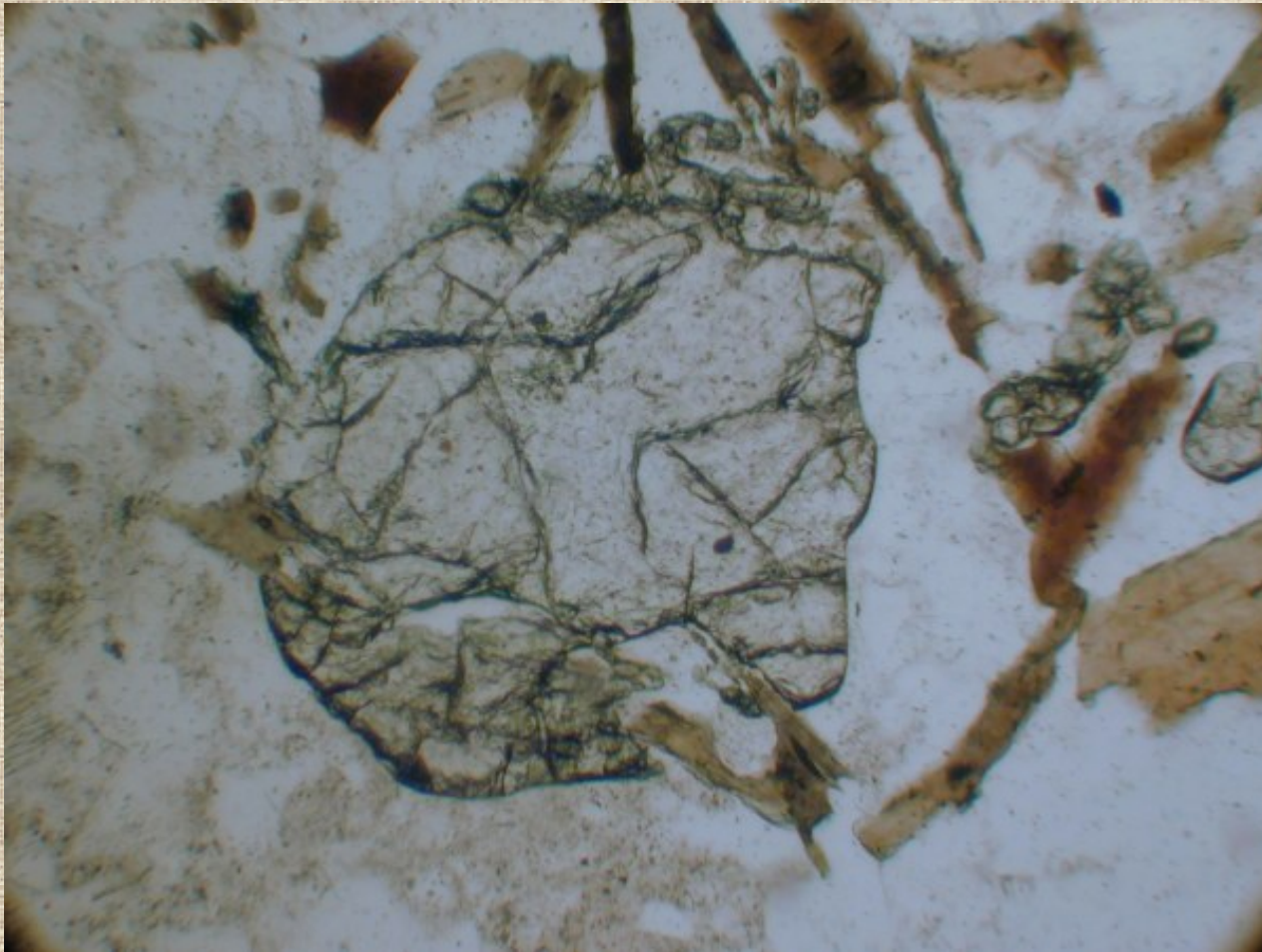
amfiboly

Skupina granátů

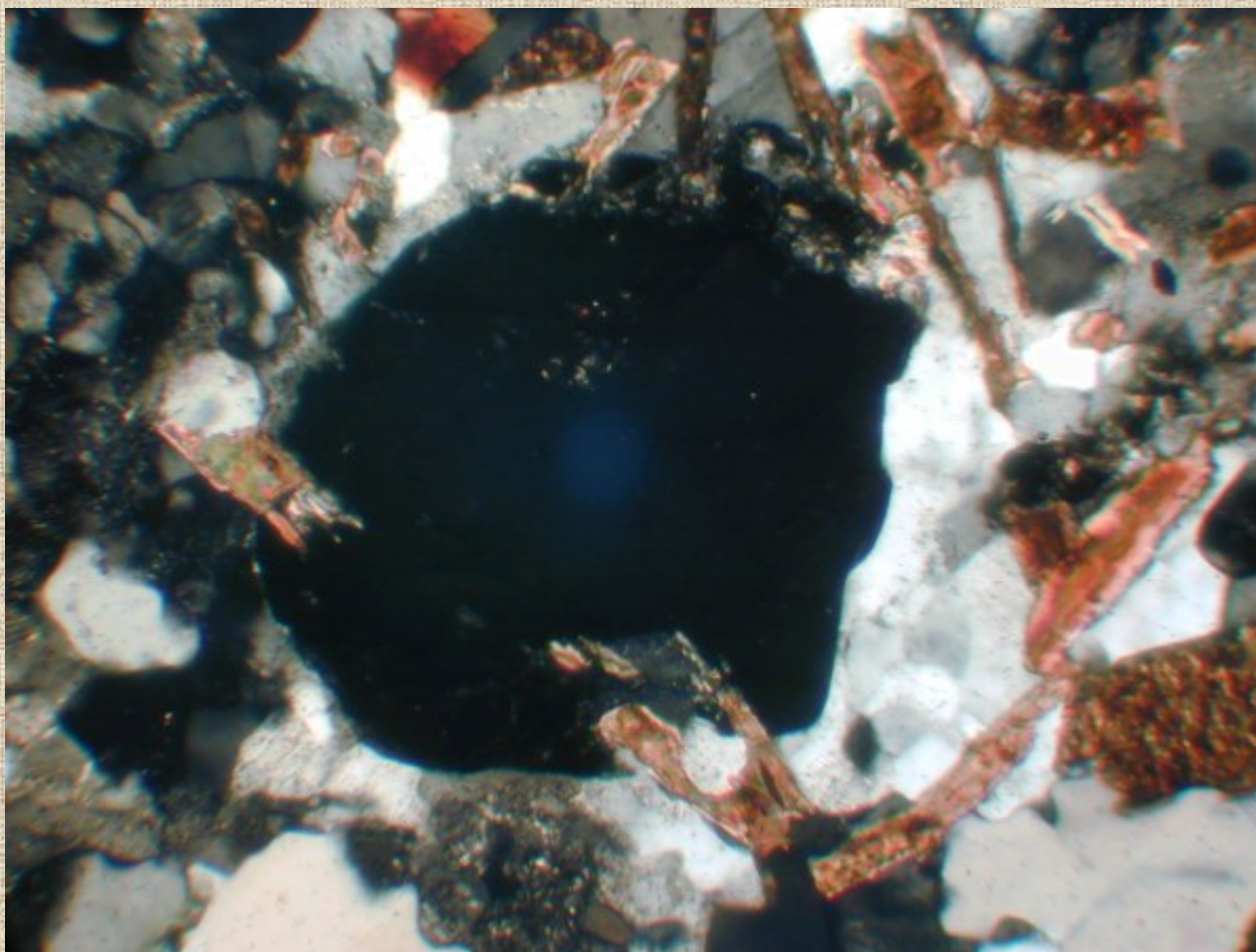
- granáty bývají často automorfní, nejčastějšími tvary je dvanáctistěn $\{110\}$ a čtyřadvacetistěn $\{211\}$ nebo jejich spojka. Jinak tvoří zrnité nebo celistvé agregáty. Barva je závislá na chemickém složení.
- granáty mají pozitivní reliéf a drsný povrch, ve zkřížených nikolech jsou zpravidla izotropní. Grosulár, andradit a uvarovit mohou vykazovat anomální dvojlom až 0,008 a být 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.
- indexy lomu závisí na chemickém složení granátu
- není štěpný
- granáty jsou běžné 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 (kelyfitická obruba). Hydrotermální alterace mohou vést k nahrazení granátu chloritem, popř. biotitem nebo epidotem. Jinak jsou granáty poměrně stabilní.

Skupina granátů

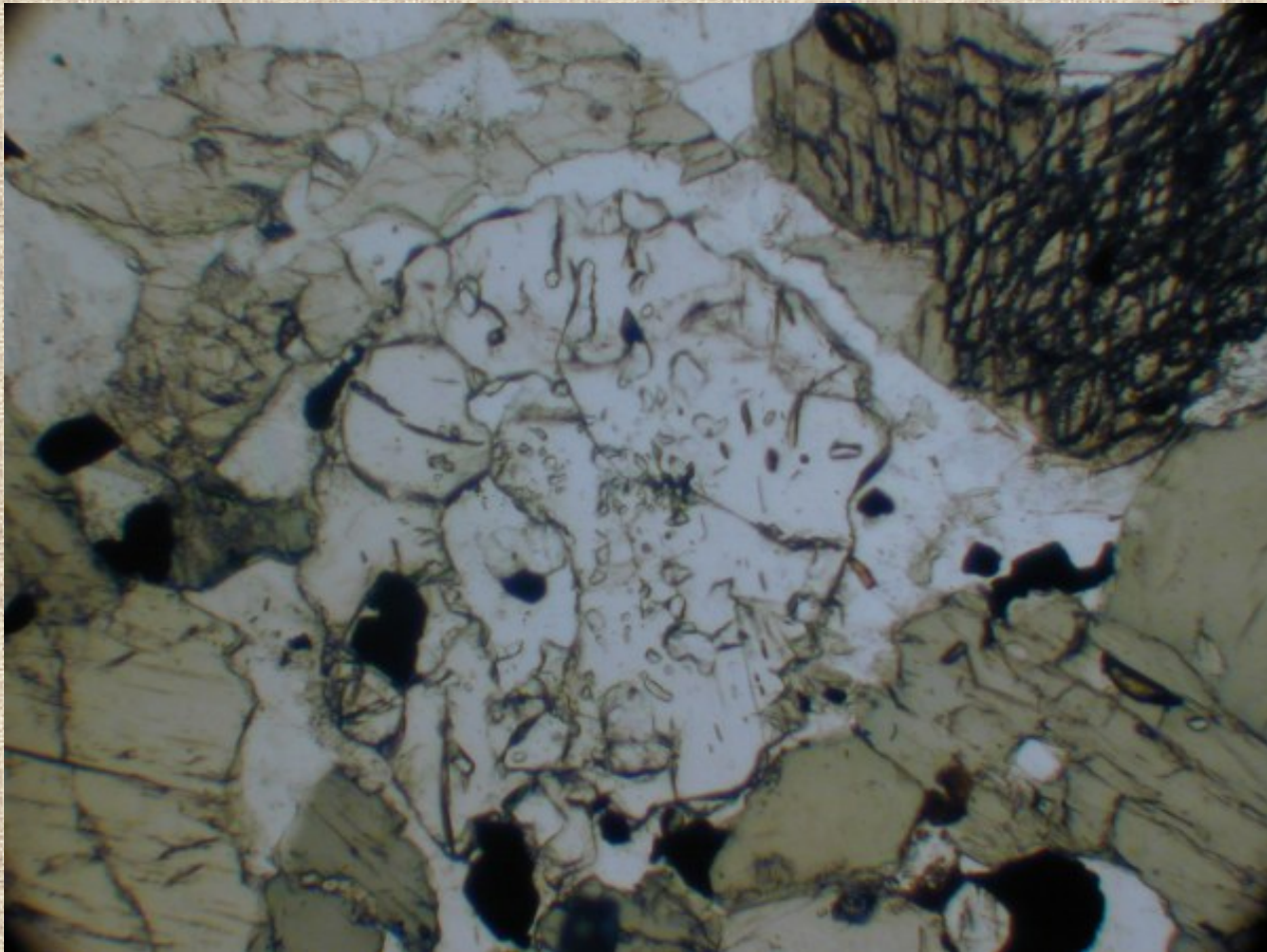
- **Pyrop** $\text{Mg}_3 \text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_3$
zpravidla zaoblená zrna, vysoký reliéf, někdy bývá lemován kelyfitickou obrubou, $n = 1,72 - 1,76$. Typický pro vysokotlaké a vysokoteplotní horniny jako peridotity, kimberlity nebo eklogity, serpentinity. Minerální parageneze: olivín, pyroxeny (omfacit), flogopit, serpentinová skupina.
- **Almandin** $\text{Fe}_3 \text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_3$
často automorfně omezené krystaly, tvoří porfyroblasty, 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** $\text{Mn}_3 \text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_3$
vysoký reliéf, výjimečně opticky anizotropní, $n = 1,79 - 1,82$, vyskytuje se v pegmatitech a kyselých žulách. Minerální parageneze: K- živec, muskovit, křemen.
- **Grossular** $\text{Ca}_3 \text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_3$
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, kontaktní skarny), s přibývajícím Fe přechází do andraditu, který se vyskytuje v podobných paragenezích. Minerální parageneze: diopsid, wollastonit, kalcit, vesuvián.



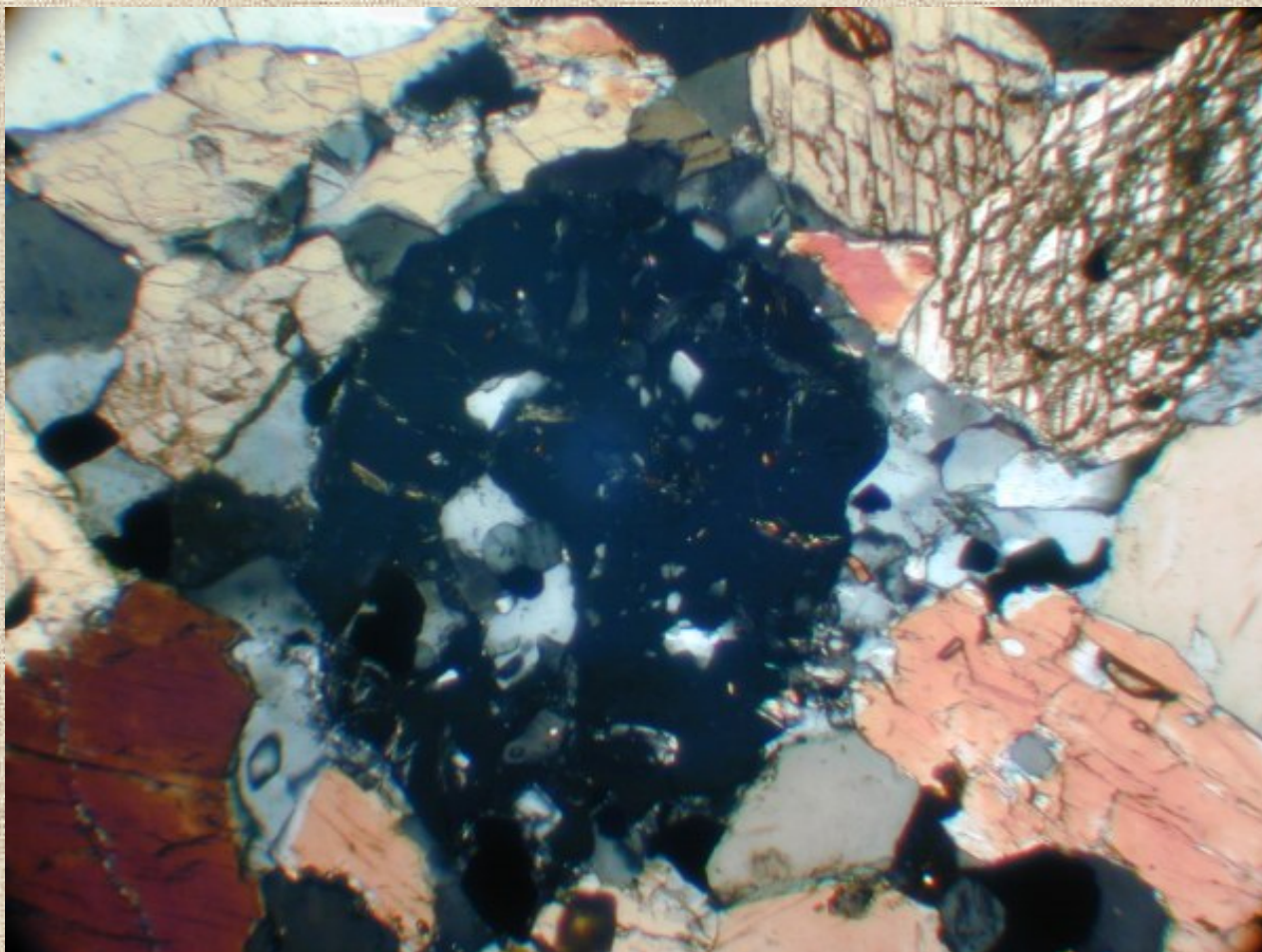
izometrické zrno granátu s vystupujícím reliéfem a nepravidelnými trhlinami, vpravo nahoře biotit, vpravo dole křemen, v levé části silně alterované plagioklasy; PPL



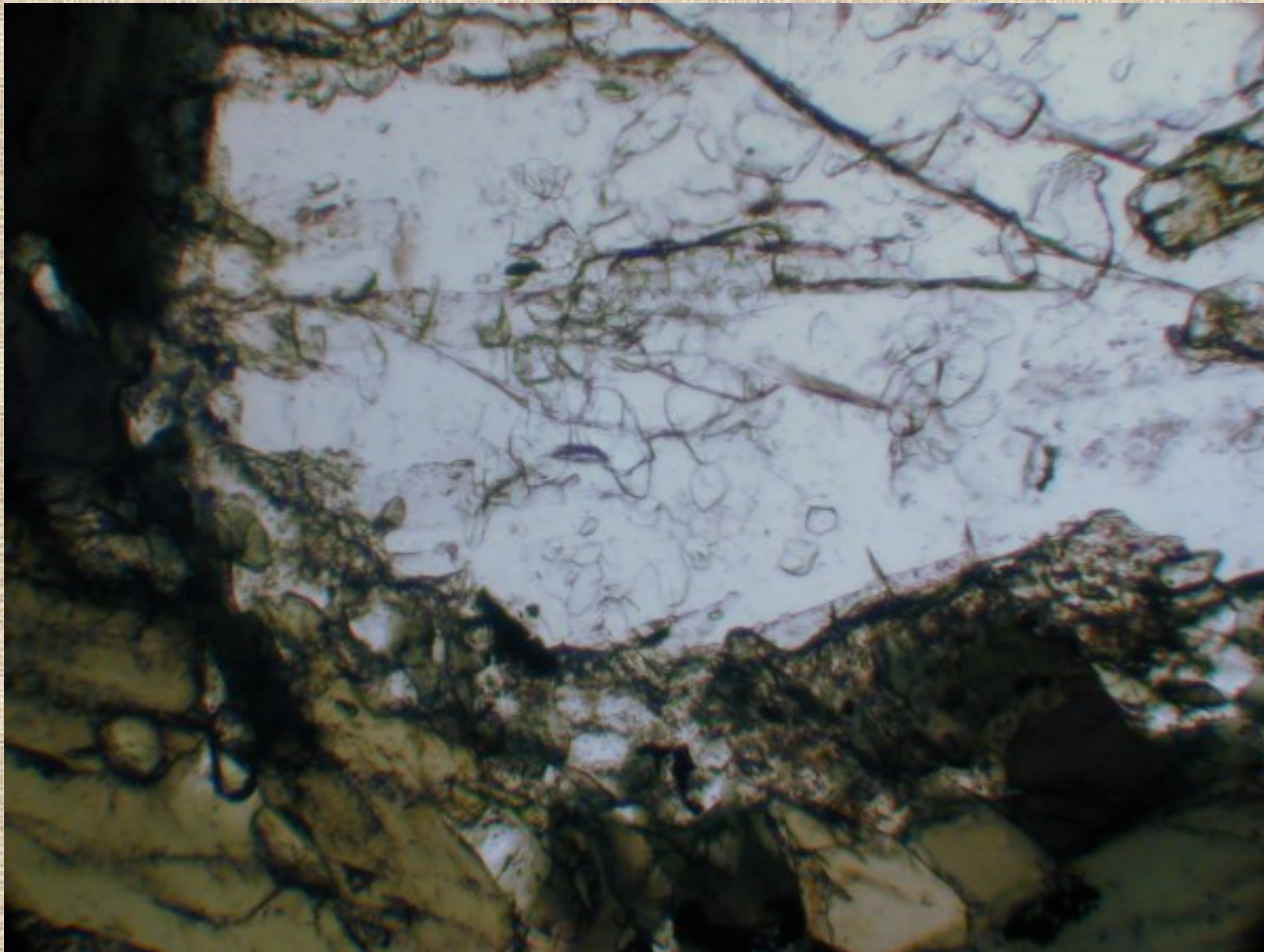
izotropní zrno granátu, biotit, křemen, plagioklas; XPL



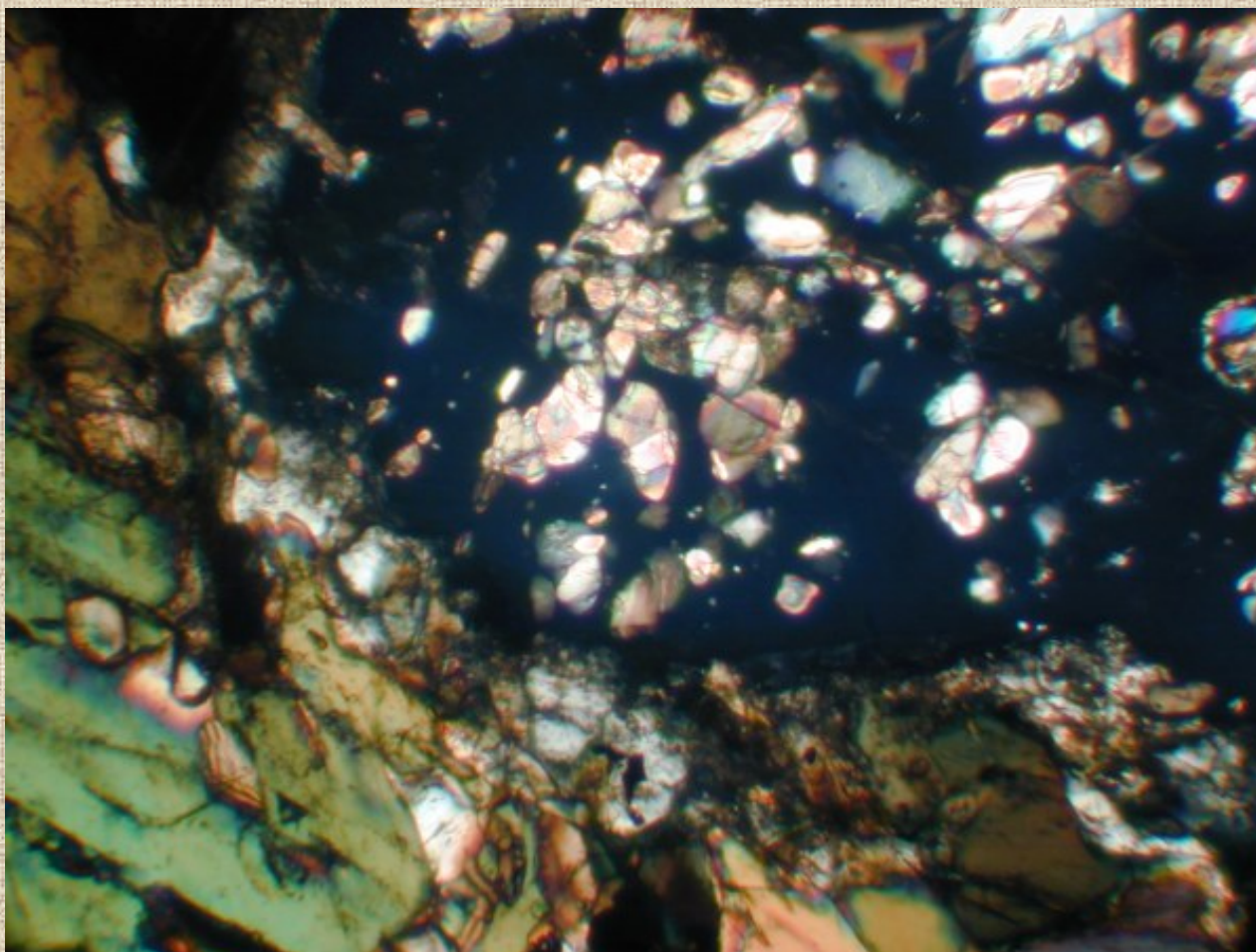
poikilitické izometrické zrno granátu, v okolí amfiboly a křemen;
amfibolit, PPL



poikilitické izometrické zrno granátu, amfiboly, křemen, amfibolit; XPL



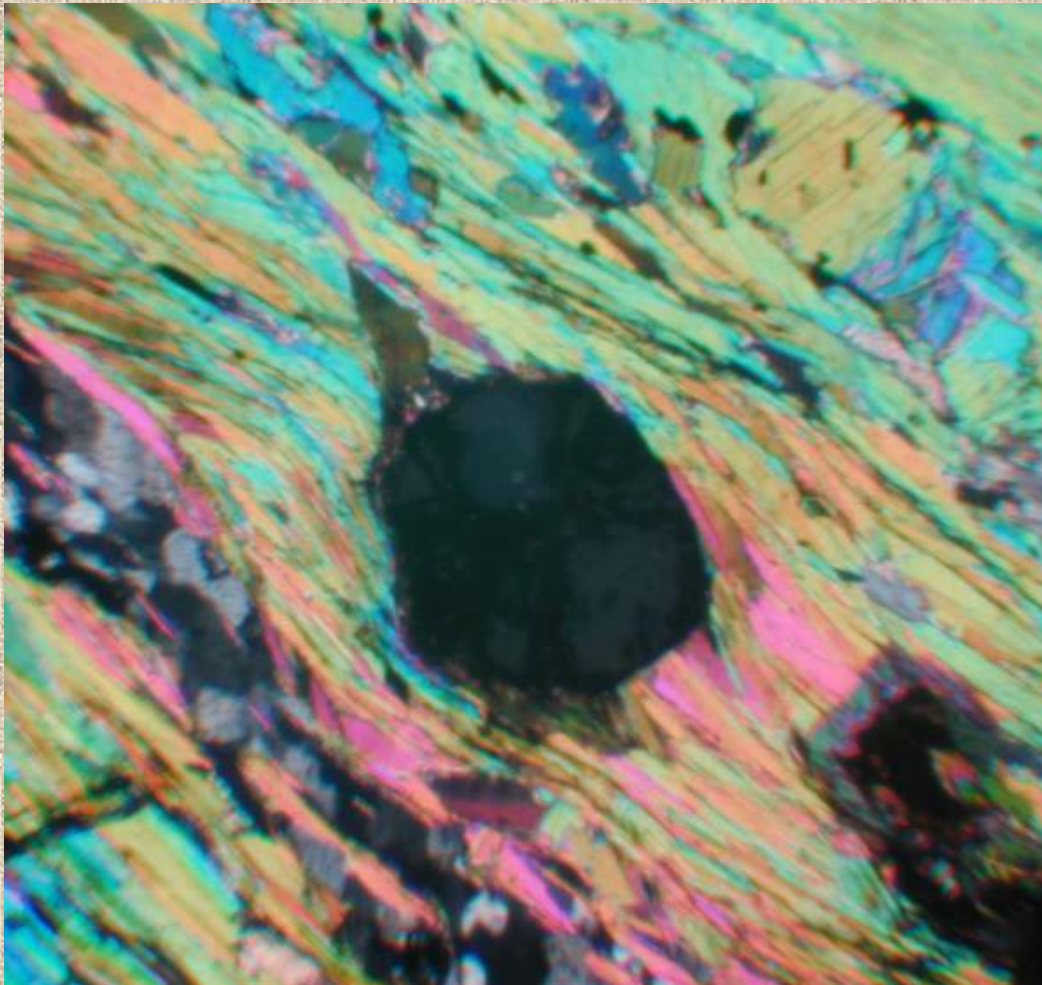
poikilitické zrno granátu, amfibol; amfibolit, PPL



poikilitické izotropní zrno granátu, amfibol; amfibolit, XPL



slabě rotovaný porfyroblast granátu, muskovit, svor, Svojanov, PPL



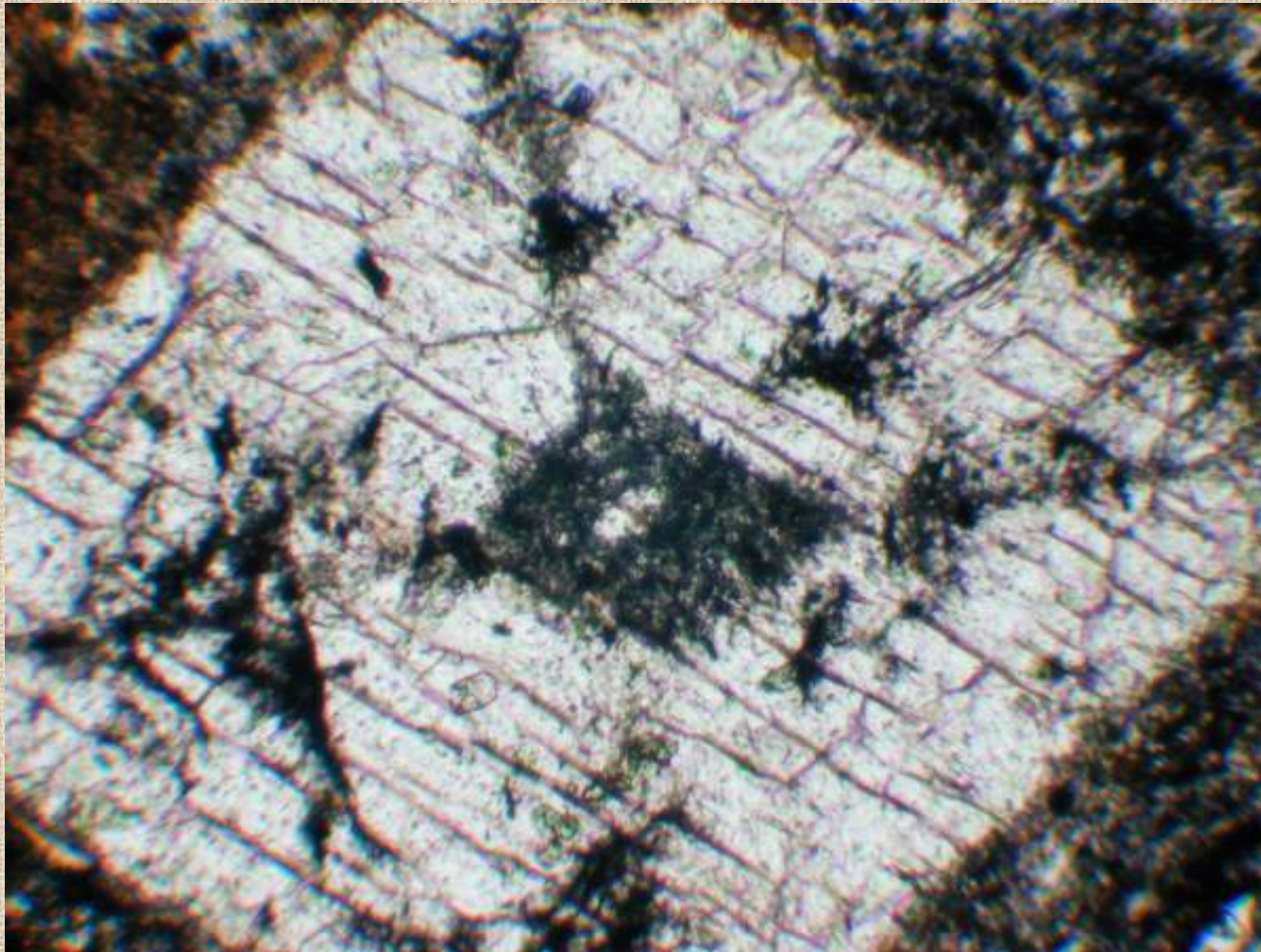
slabě rotovaný porfyroblast granátu, muskovit, svor, Svojanov, XPL

Skupina Al_2SiO_5 - andalusit

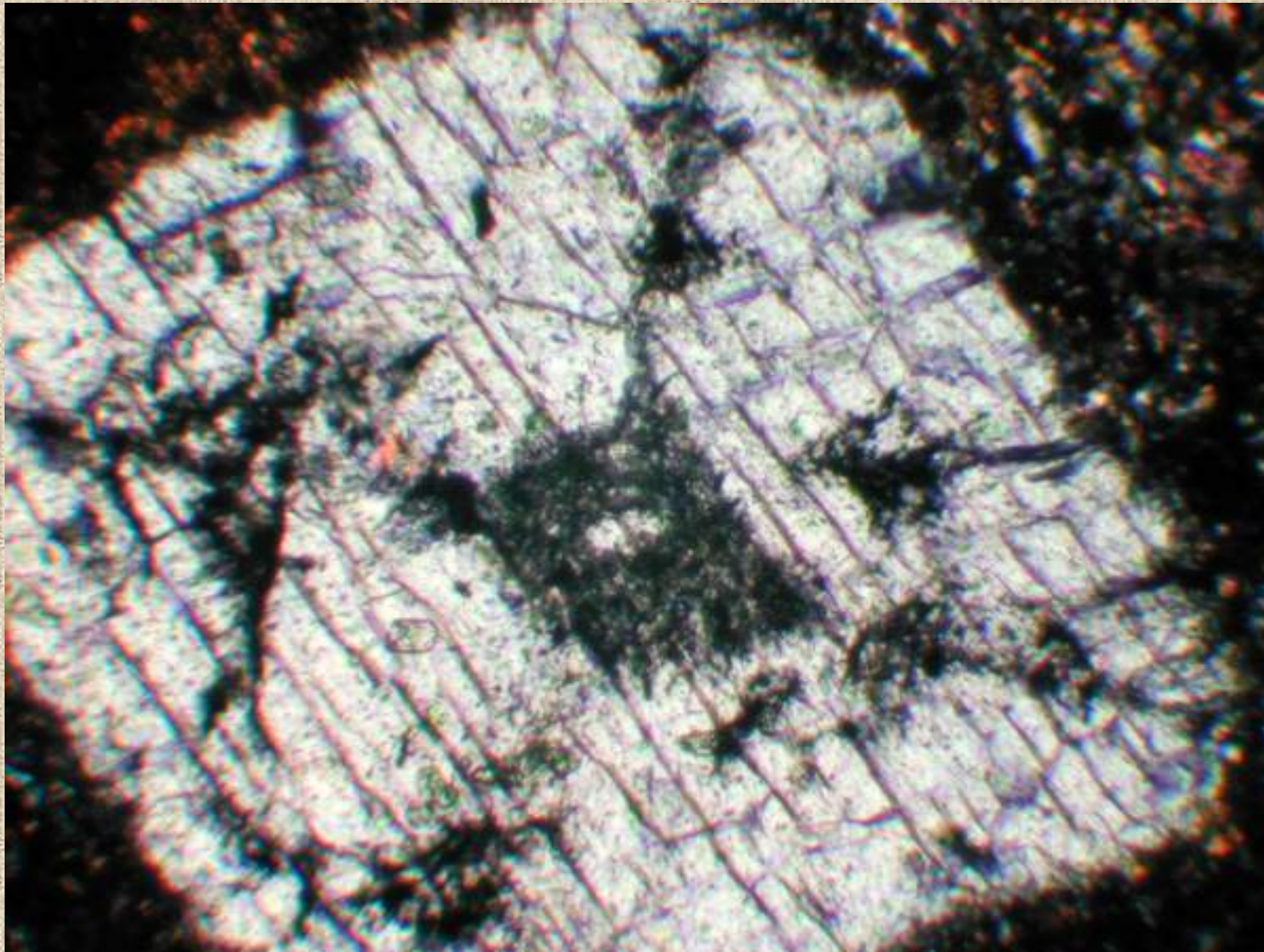
- do skupiny patří tři polymorfní modifikace – andalusit, sillimanit, kyanit
- andalusit je kosočtverečný minerál, zpravidla tvoří pseudotetragonální sloupcovité krystaly nebo stébelnaté agregáty nejčastěji světle růžové barvy
- je dobře štěpný podle prizmatických ploch (110)
- podélné průřezy zhášejí rovnoběžně se štěpností, zpravidla výrazný reliéf
- bývá bezbarvý nebo slabě narůžovělý, slabý pleochroismus je podle γ a β bezbarvý nebo světle žlutý, podle α (směr štěpnosti) růžový až červený
- grafitový pigment tvoří charakteristické obrazce v příčných i podélných řezech

Skupina Al_2SiO_5 - andalusit

- R_o je (010), $z = \alpha$, $x = \gamma$, úhel $2V$ 73 – 86°
- Chm -, Chz -
- $n_\alpha = 1,633 - 1,642$
- $n_\beta = 1,639 - 1,644$
- $n_\gamma = 1,644 - 1,650$
- $D = 0,009 - 0,012$
- typickou přeměnou je sericitizace, někdy úplná
- je běžný v některých kontaktně metamorfovaných horninách, granitech, pegmatitech a na křemenných čočkách svorů a rul
- asociace: cordierit, sillimanit, biotit



automorfní andalusit s typickou kresbou z grafitového pigmentu, chiastolitová
břidlice, Hloubětín, PPL



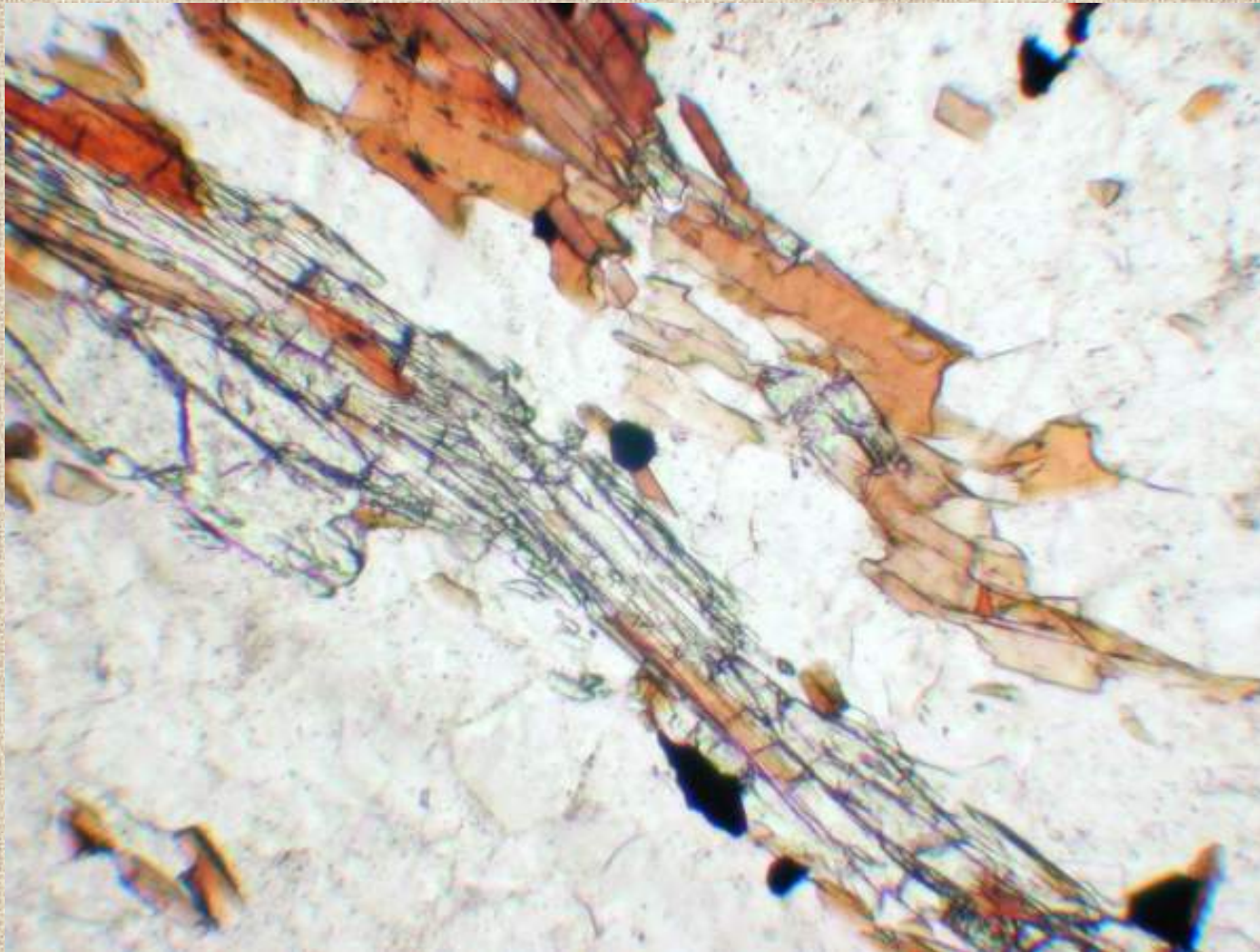
automorfní andalusit s typickou kresbou z grafitového pigmentu, chistolitová
břidlice, Hloubětín, XPL

Skupina Al_2SiO_5 - sillimanit

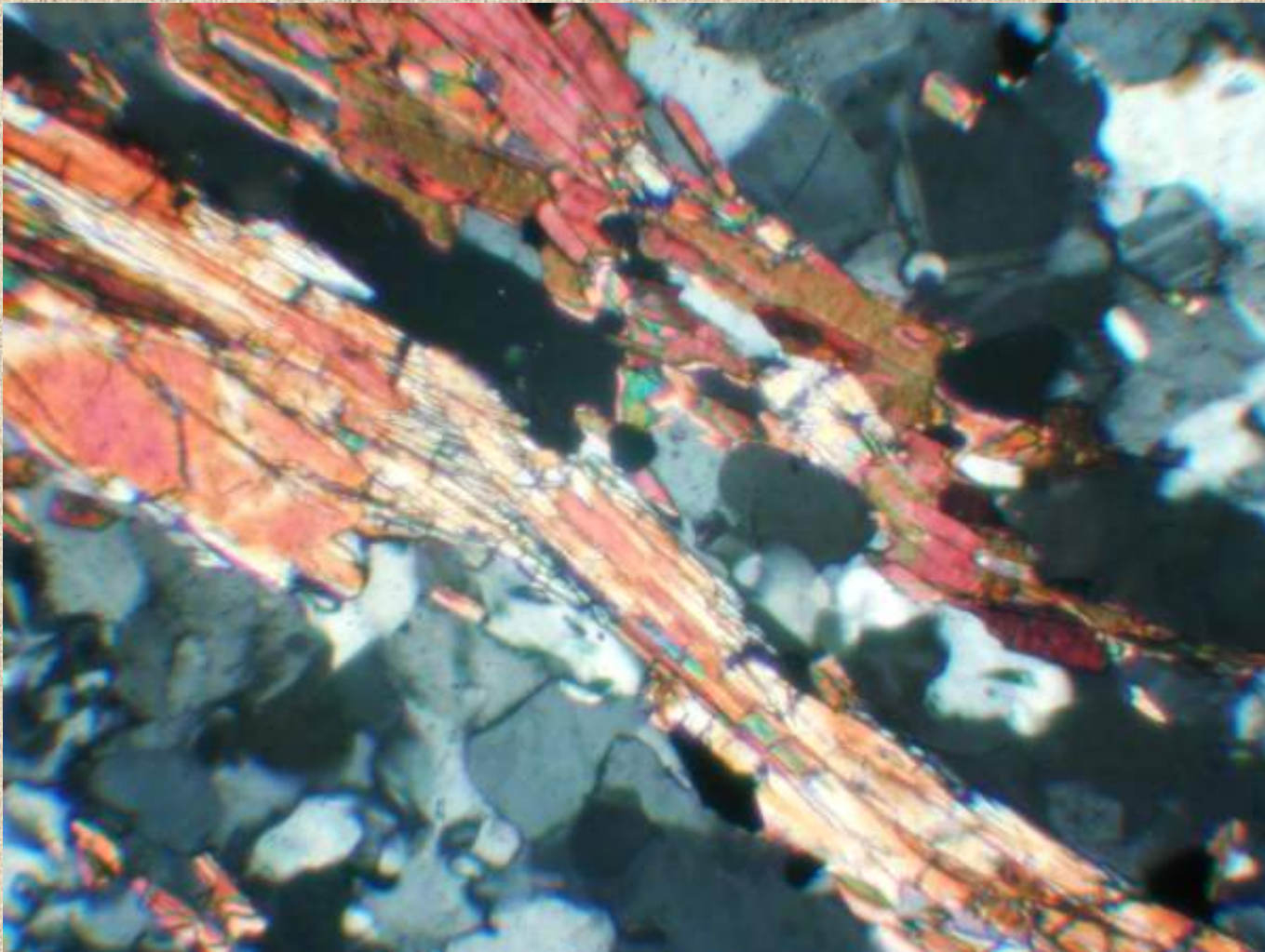
- tvoří zpravidla agregáty tenče jehlicovitých a až vlasovitých jedinců (synonymum bucholzit a fibrolit)
- agregáty jsou bílé nebo světle šedé
- ve výbruse jsou řezy tenče lištovité až vlasovité, často zprohýbané, na větších jedincích je patrná dokonalá štěpnost podle (010) a odlučnost podle (001)
- je bezbarvý a rovnoběžně zháší (rombická symetrie)
- R_o je v (010), $z = \gamma$, $x = \alpha$, úhel $2V = 20 - 30^\circ$
- Chm +, Chz
- je stabilní

Skupina Al_2SiO_5 - sillimanit

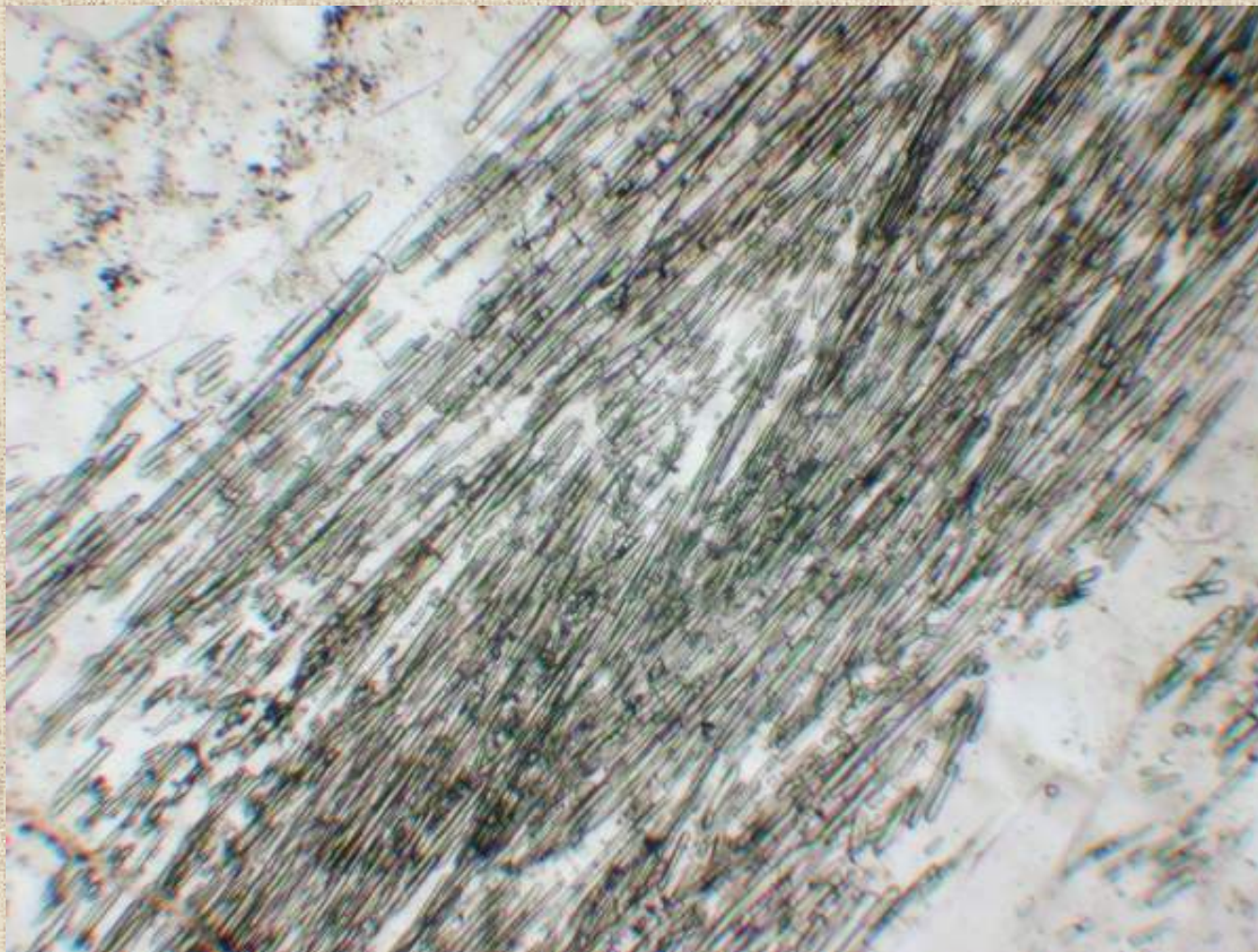
- $n_\alpha = 1,657 - 1,661$
- $n_\beta = 1,658 - 1,670$
- $n_\gamma = 1,677 - 1,684$
- $D = 0,018 - 0,023$
- je běžným akcesorickým minerálem některých rul, zvláště v moldanubiku, může se vyskytovat v granulitech (vznik z kyanitu), žulách, pegmatitech nebo eklogitech
- asociace: cordierit, kyanit, granát



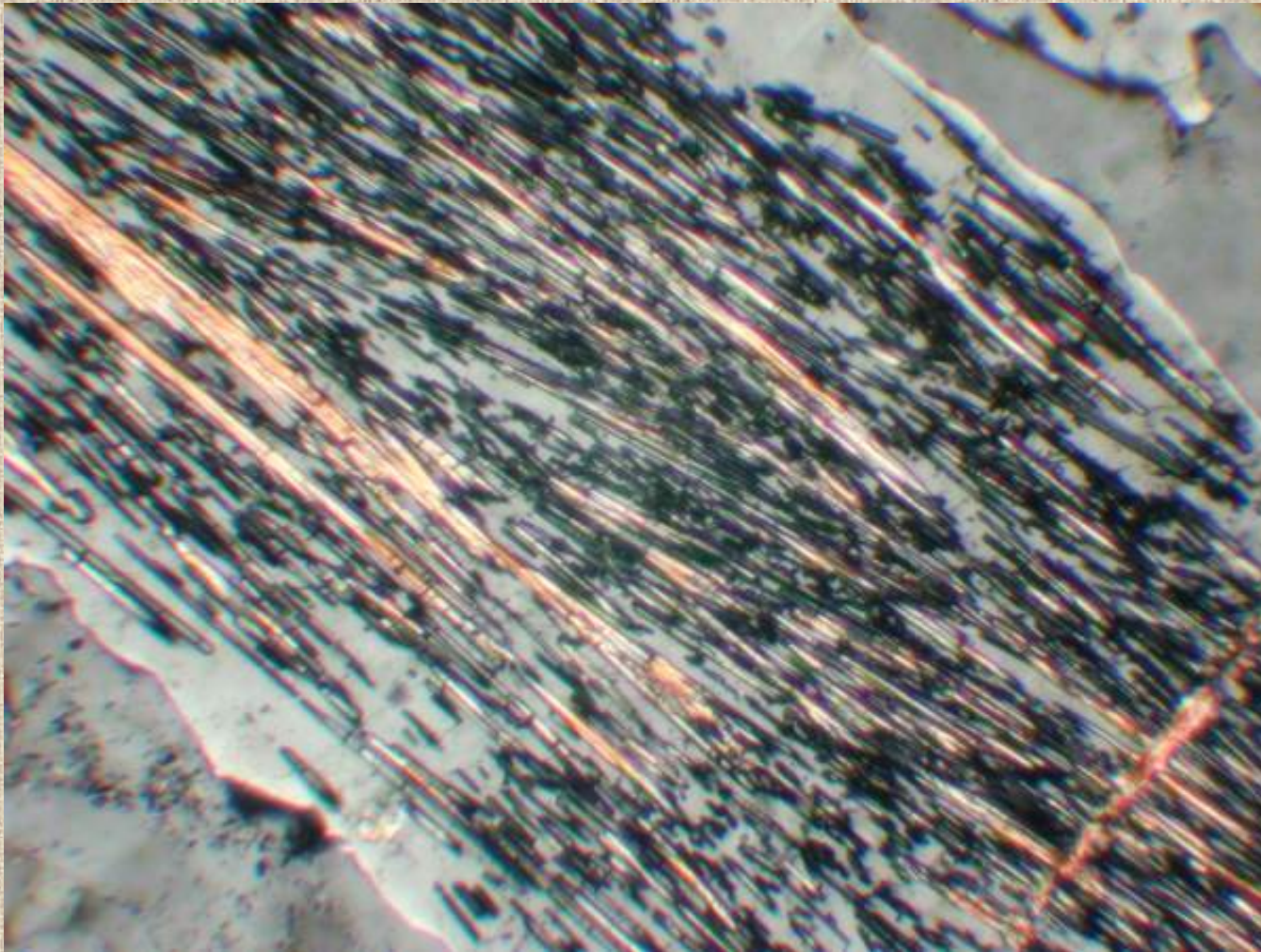
agregát sillimanitu s patrnou štěpností i odlučností, biotit, křemen, granulit,
Horní Bory, PPL



agregát sillimanitu s patrnou štěpností i odlučností, biotit, křemen, granulit, Horní Bory, XPL



jemně jehlicovitý agregát sillimanitu uzavřený v křemeni, rula, Vanov, PPL



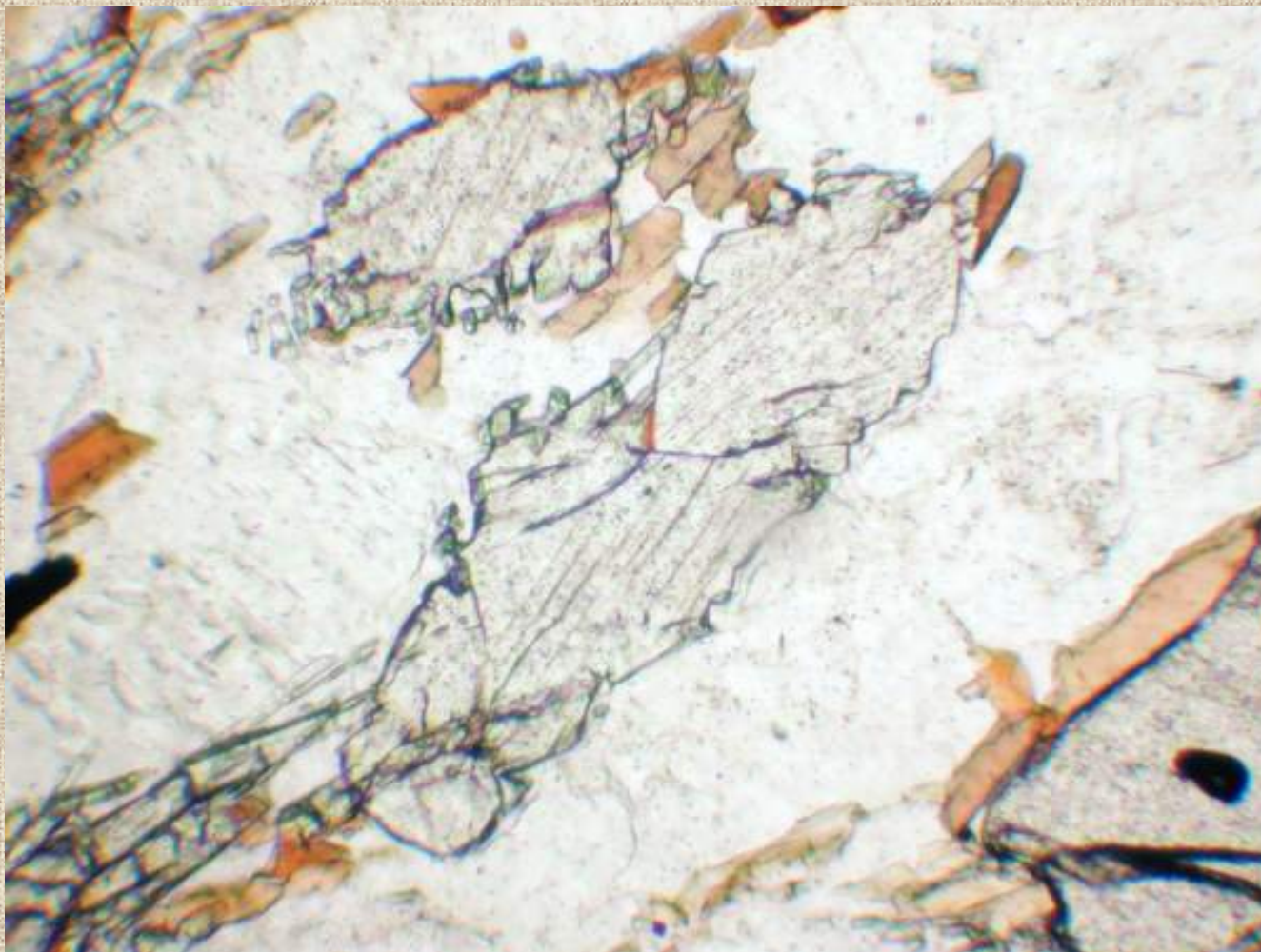
jemně jehlicovitý agregát sillimanitu uzavřený v křemeni, rula, Vanov, PPL

Skupina Al_2SiO_5 - kyanit

- tvoří tabulkovité krystaly nebo štěpné agregáty
- barva je zpravidla od šedomodré až po jasně modrou
- ve výbruse je bezbarvý nebo slabě namodralý, může být i velmi slabě pleochroický podle α bezbarvý, podle β nebo γ namodralý.
- má zřetelný reliéf a dobře viditelnou štěpnost podle (100) velmi dokonalou, (010) dokonalou a (001) je odlučný
- $n_\alpha = 1,710 - 1,718$
- $n_\beta = 1,719 - 1,724$
- $n_\gamma = 1,724 - 1,734$
- $D = 0,012 - 0,016$
- trojklonný, R_o je kolmá na (100) a s osou z svírá asi 30°

Skupina Al_2SiO_5 - kyanit

- na ploše (100) je úhel zhášení γ_c kolem 30° , na ploše (010) je to jen $5 - 8^\circ$
- Chm -, Chz +
- podléhá přeměně na sillimanit, vzácně na muskovit
- je typickým minerálem granulitů a eklogitů, najdeme ho i v některých rulách, svorech nebo granitech. Může tvořit i část těžkého podílu v sedimentech.
- asociace: granát, sillimanit, staurolit



agregát kyanitu s patrnou štěpností, K-živec, křemen, biotit, granát;
granulit, Horní Bory; PPL



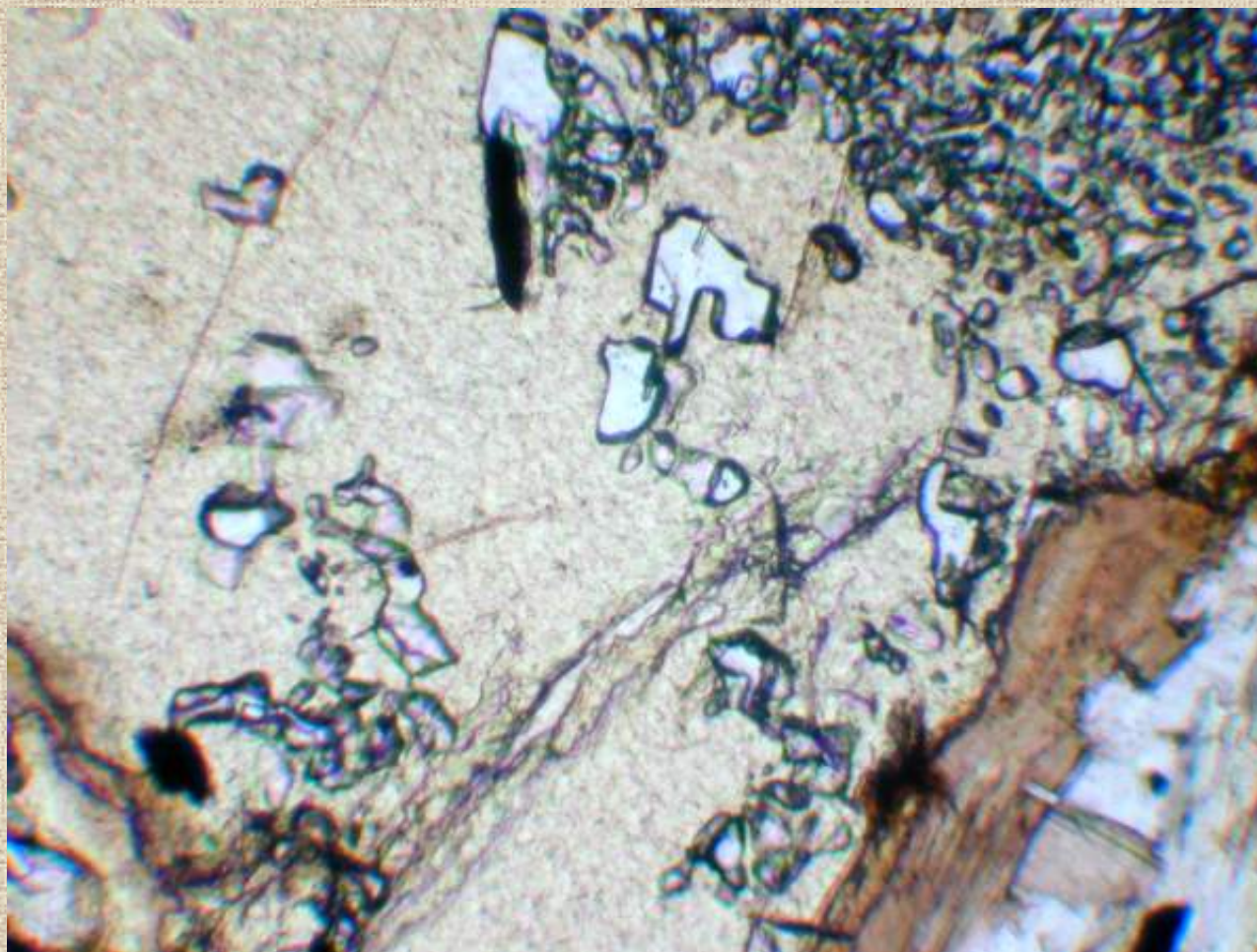
agregát kyanitu s patrnou štěpností, K-živec, křemen, biotit; granulit, Horní Bory; XPL

Staurolit

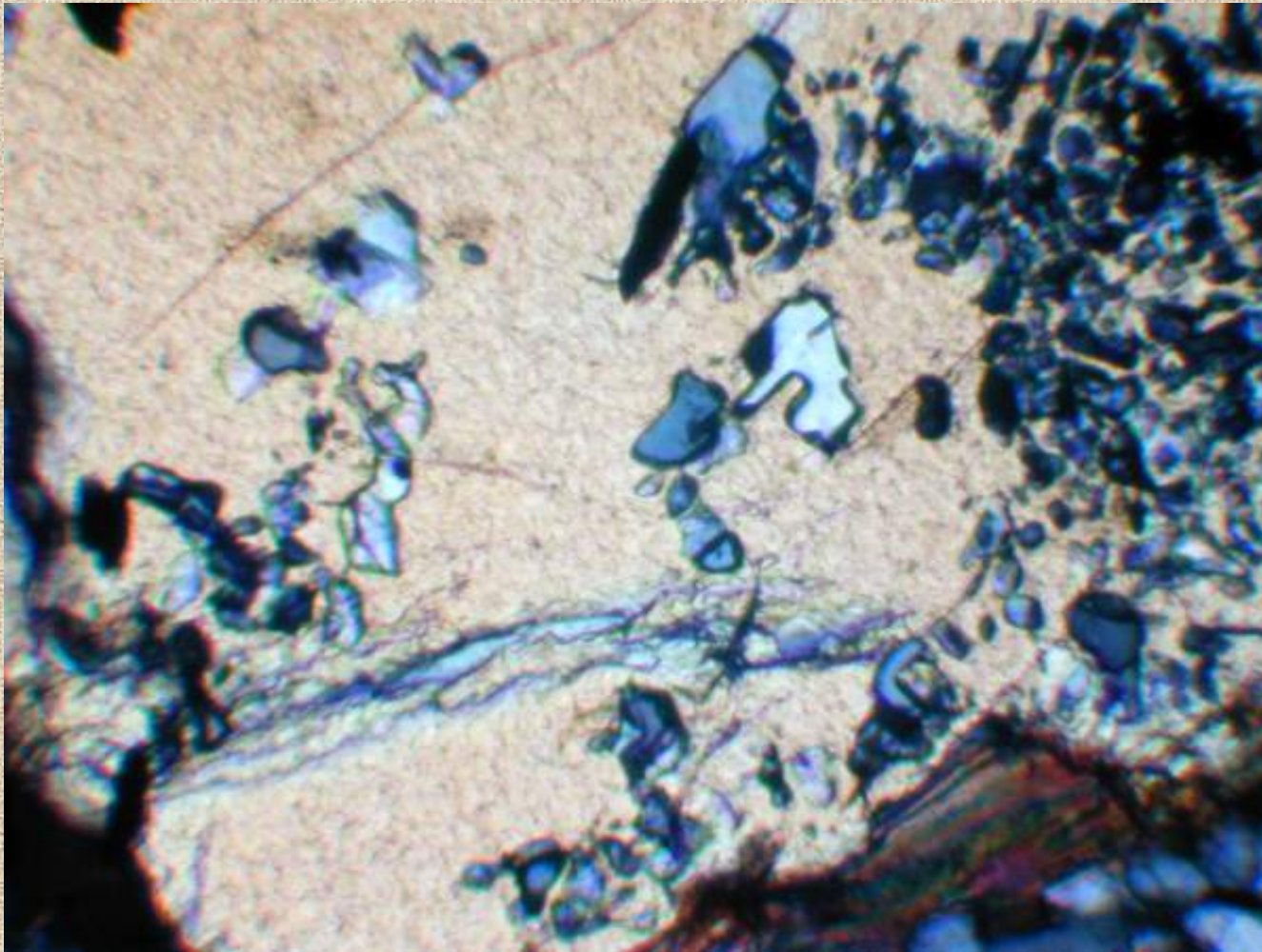
- tvoří zpravidla automorfní porfyroblasty tmavě hnědé barvy, typická jsou dvojčata (032) nebo (232) ve tvaru kříže
- ve výbruse je nápadný vysokým reliéfem a jasně žlutou barvou, pleochroismus je zřetelný ve směru α a β bezbarvý nebo nažloutlý, podle γ sytě žlutý
- porfyroblasty staurolitu obsahují zpravidla značné množství poikilitických uzavření křemene, štěpnost je nedokonalá podle (010)
- $n_{\alpha} = 1,736 - 1,747$
- $n_{\beta} = 1,740 - 1,754$
- $n_{\gamma} = 1,745 - 1,762$
- $D = 0,010 - 0,015$
- Ro je rovnoběžná s (010), $\gamma = z$, $\alpha = y$

Staurolit

- Chm +, Chz +, úhel $2V = 80 - 89^\circ$
- je velmi stabilním minerálem
- je typickým akcesorickým minerálem metamorfovaných břidlic bohatých na Al – především svorů, vzácně se vyskytuje v Al bohatých granitech a pegmatitech, je součástí těžkého podílu v sedimentech
- asociace: slídy, granát, turmalín



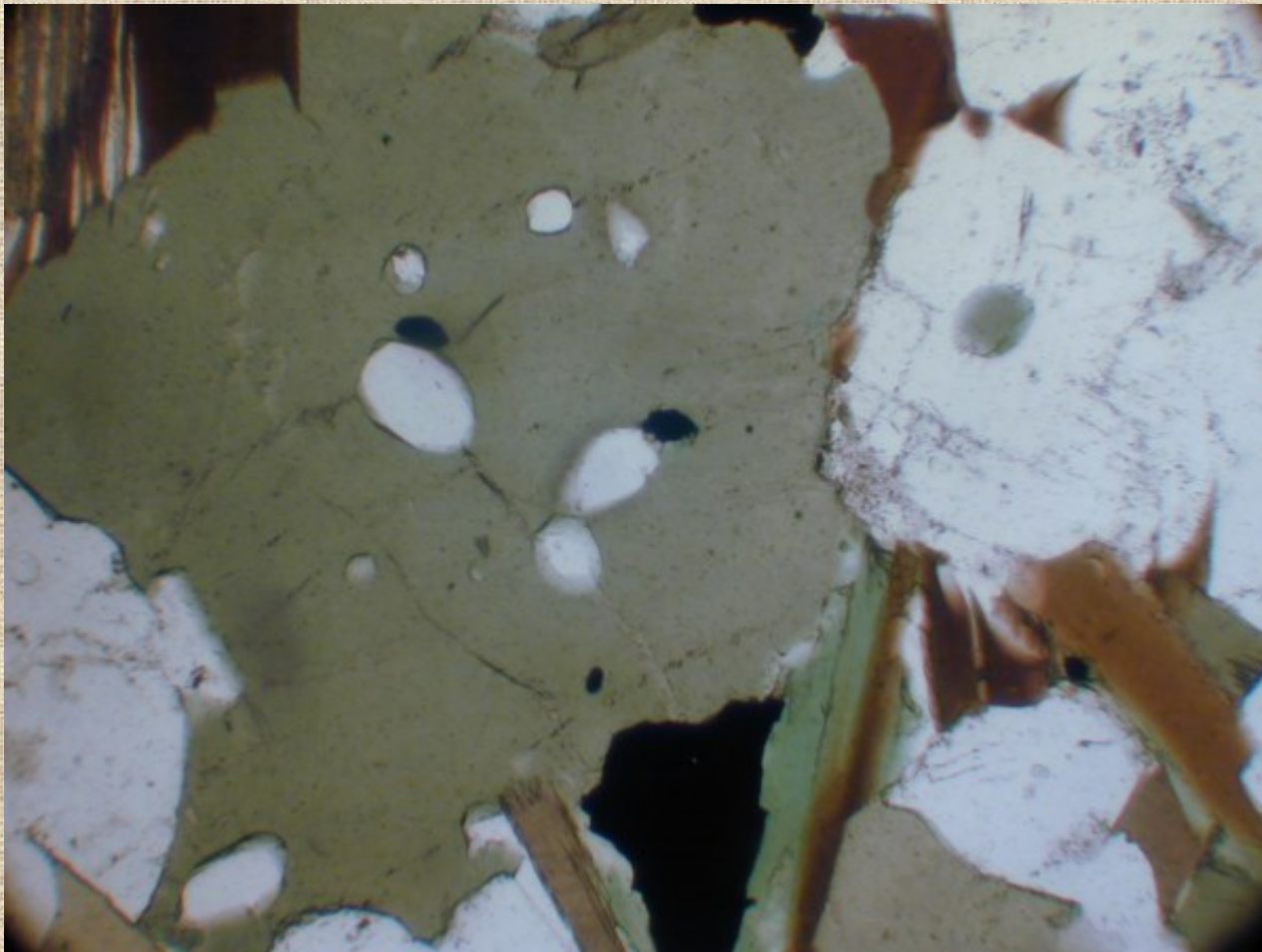
porfyroblast staurolitu s poikilitickými uzavřeními křemene, svor,
Petříkov, PPL



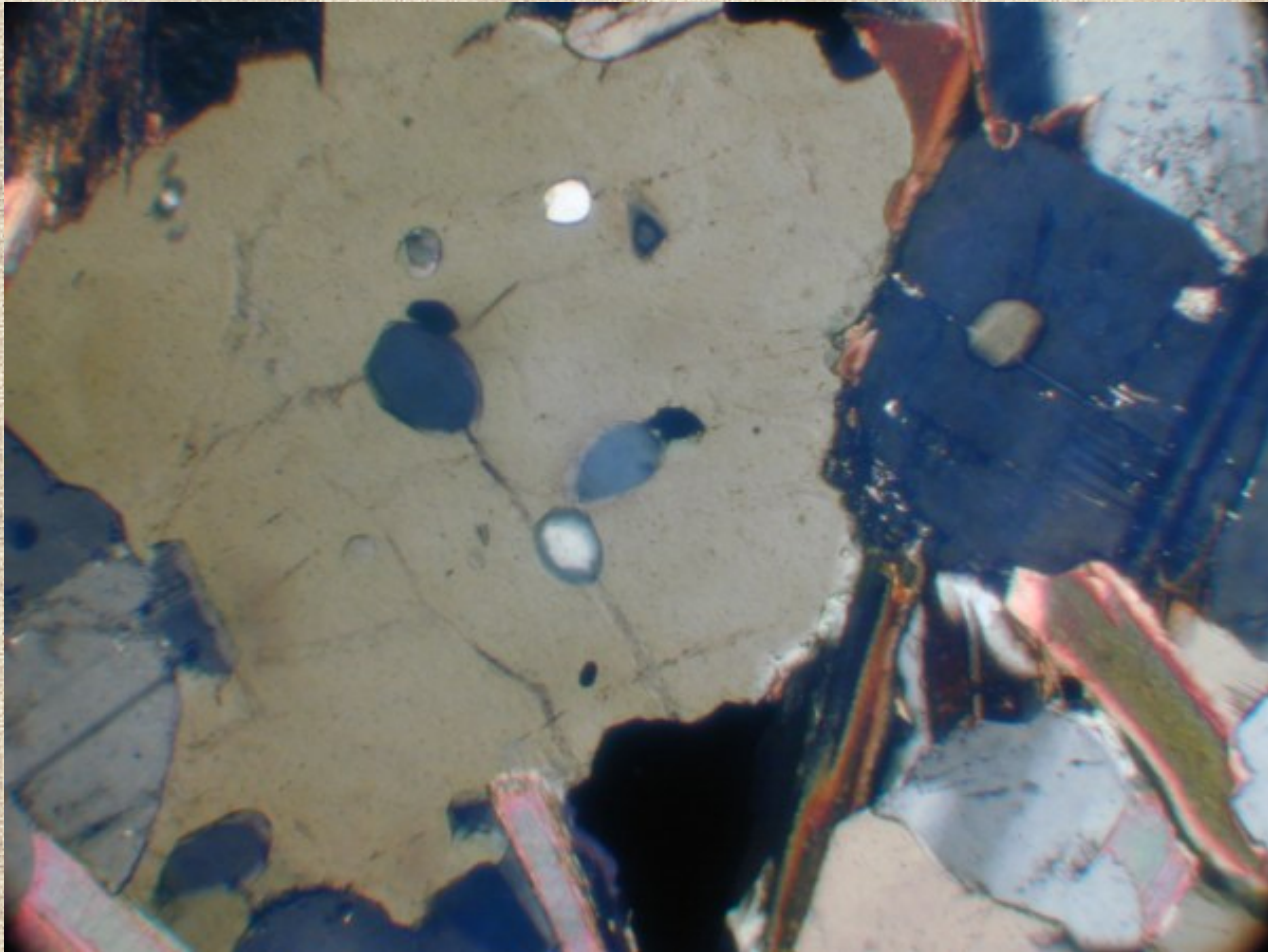
porfyroblast staurolitu s poikilitickými uzavřeními křemene, svor,
Petříkov, XPL

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

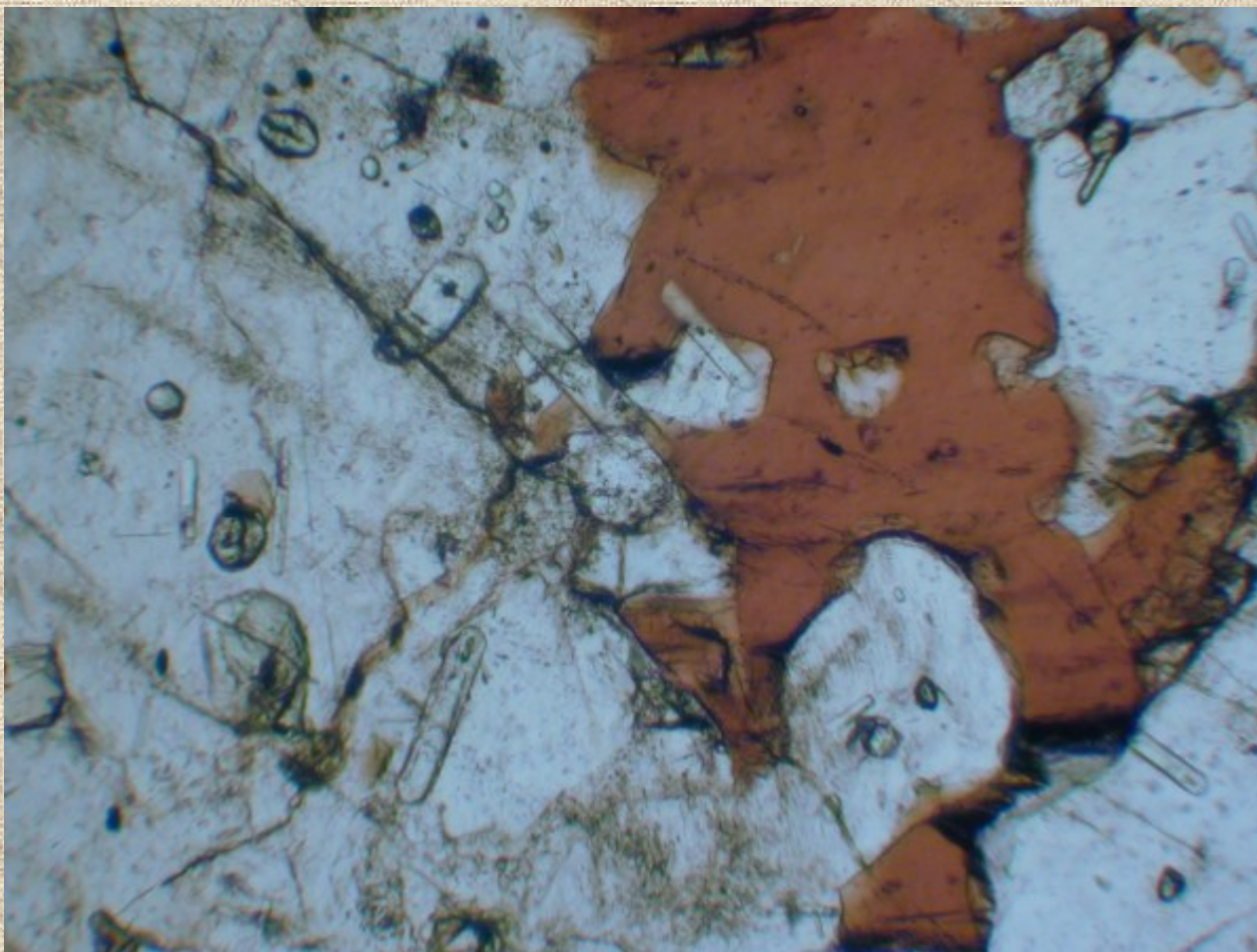
- krátce či dlouze sloupcovité podélné průřezy často zaoblené, bazální řezy šestiúhelníkové nebo kruhové
- bezbarvý, někdy zakalená jádra. Drobné inkluze mohou být uspořádány zonálně a způsobovat různé zbarvení.
- výrazný reliéf, nízké interferenční barvy, někdy zřetelná bazální odlučnost. V tmavých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



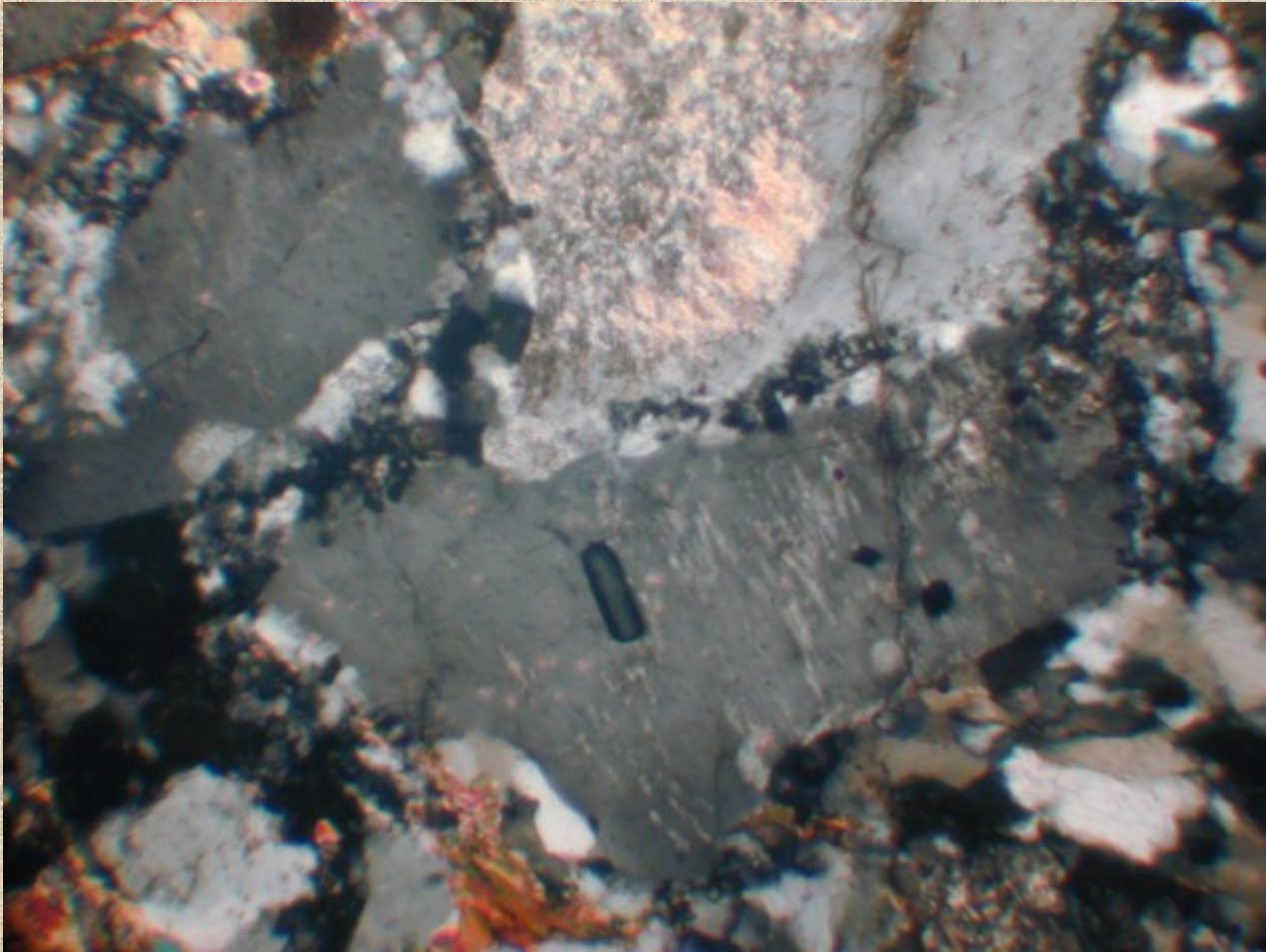
Zaoblená zrnka apatit v amfibolu, biotit, plagioklas, rula; PPL



zrnka apatit s nízkým dvojlomem v amfibolu, biotit, plagioklas, rula;
XPL



sloupcovitá zrna apatitu v K-živci, biotit; diorit, PPL



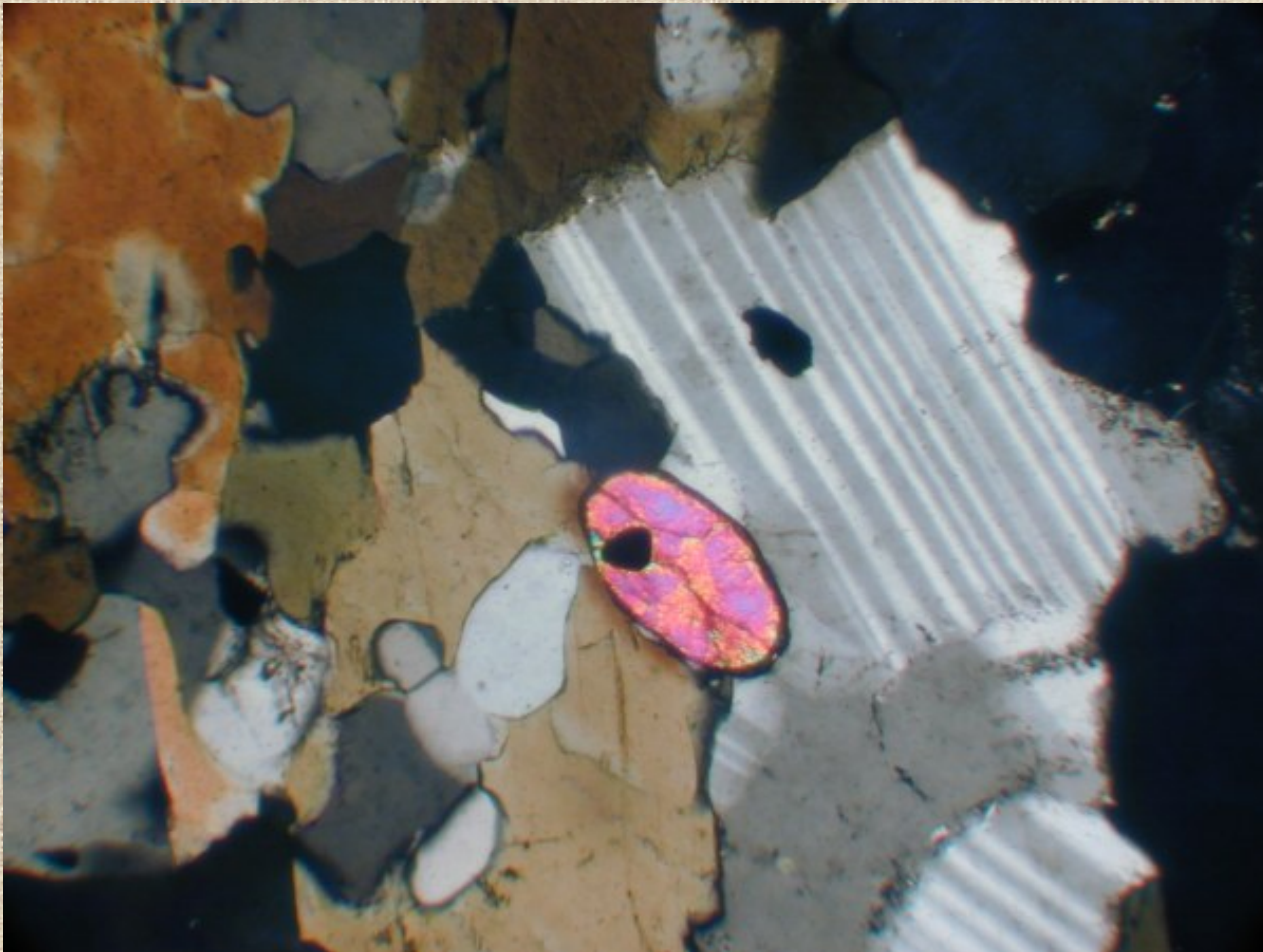
sloupeček apatitu v perttickém K-živci, nahoře plagioklas, durbachit,
XPL

Zirkon $ZrSiO_4$

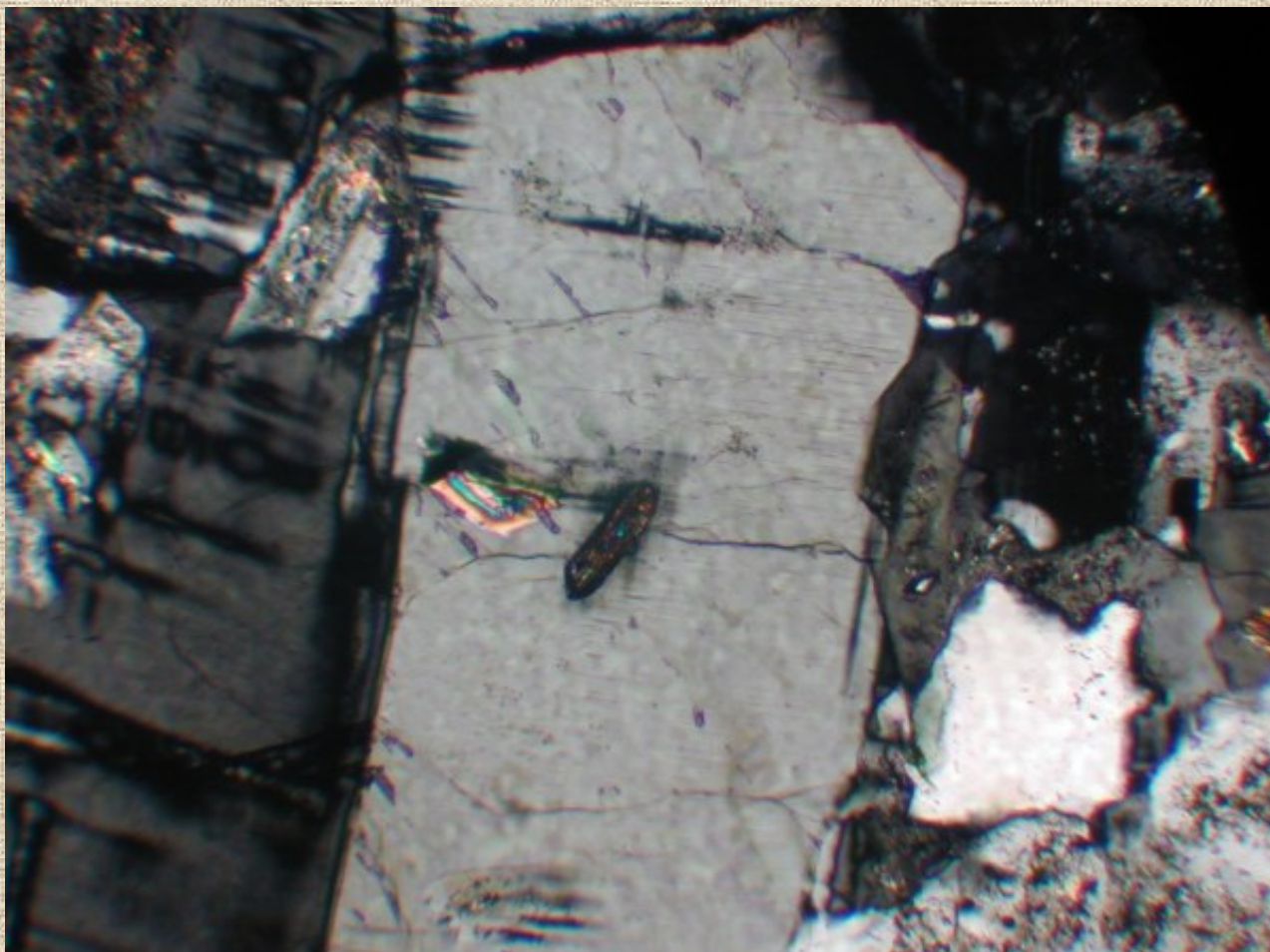
- tvoří různě dlouhé sloupečky nebo zaoblená zrna, příčné průřezy bývají čtvercové
- bezbarvý, vzácně světle hnědý
- má velmi vysoký reliéf s tmavými okraji, drsný povrch a nápadně vysoký dvojlom. Nezřídka má zonální stavbu a obsahuje inkluze jiných minerálů. Často je sám uzavírán v biotitu, amfibolu 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 struktury pyroxenů a proto je relativně vzácný. Vyskytuje se i v sedimentech, s ostatními těžkými minerály se hromadí v rozsypech.



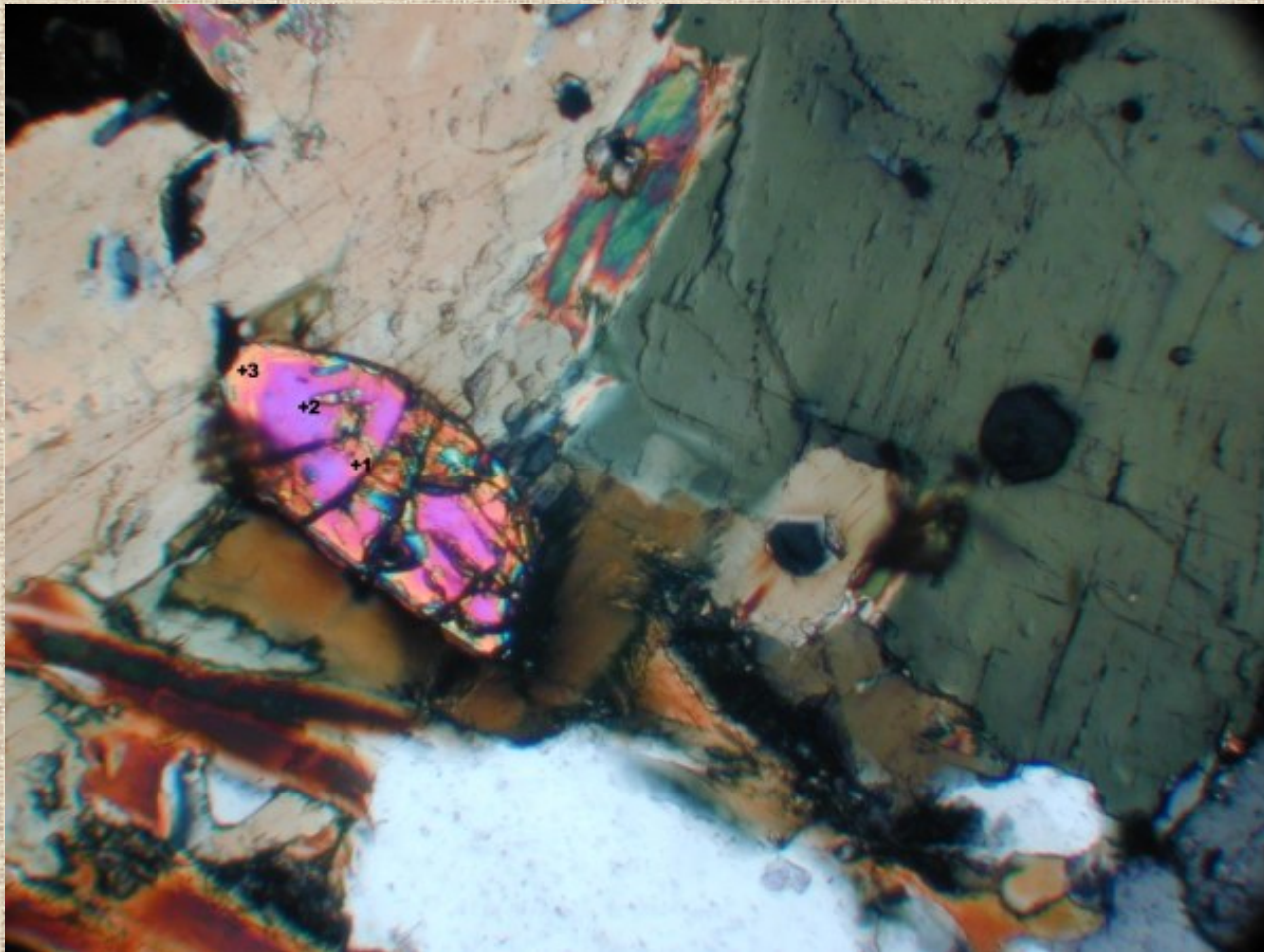
zaoblené zrno zirkonu s výrazným reliéfem, amfibol, plagioklas; rula;
PPL



zaoblené zrno zirkonu s typicky vysokým dvojlomem, amfibol,
plagioklas; rula; XPL



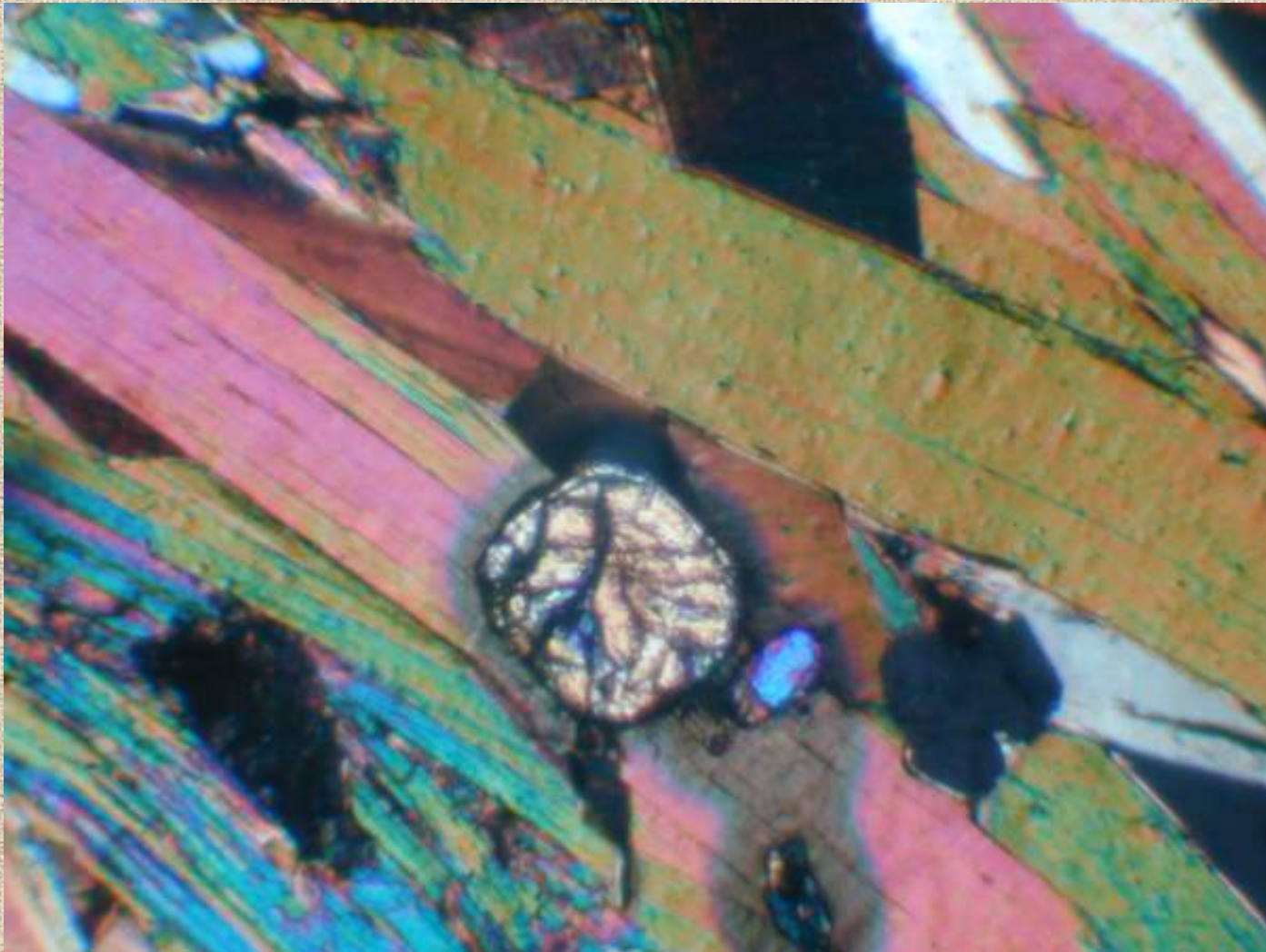
zirkon v karlovarsky zdvojitěném K-živci; granit, XPL



zonální zirkon v biotitu a amfibolu; tonalit; Staroměstské pásmo, XPL



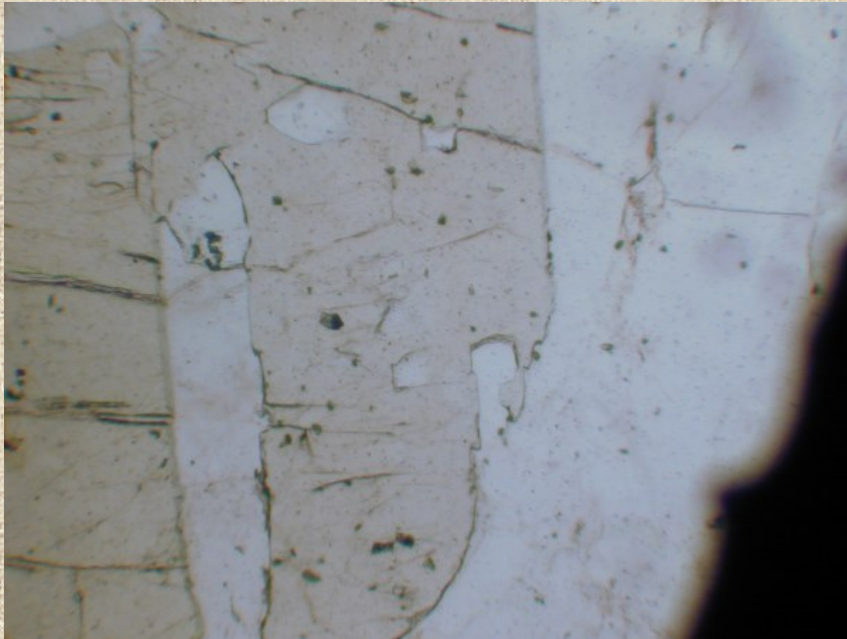
automorfnní zrno zirkonu v biotitu se zřetelným pleochroickým dvůrkem,
rula, Štramberský u Sněžného, PPL



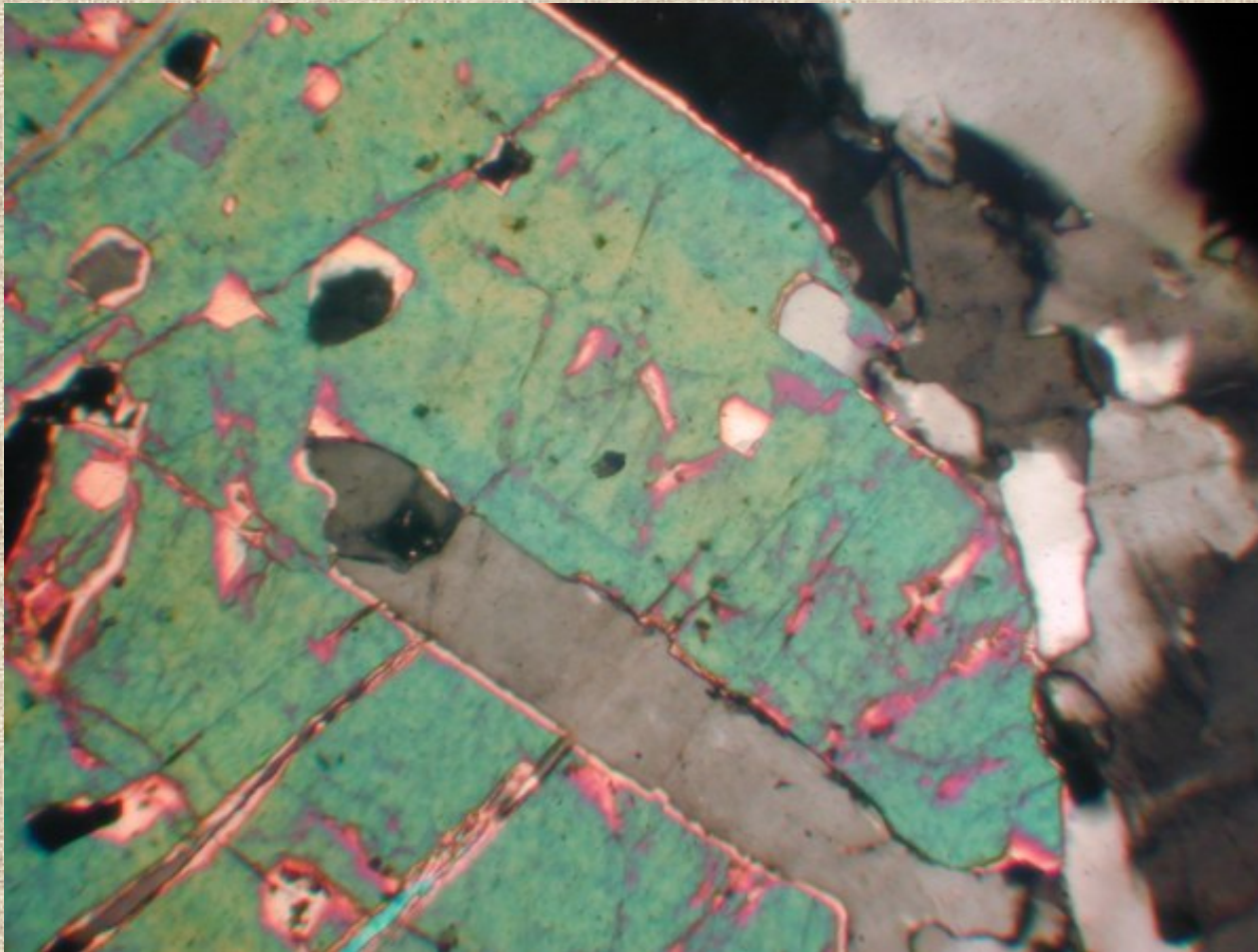
automorfnní zrno zirkonu v biotitu se zřetelným pleochroickým dvůrkem,
rula, Štramberk u Sněžného, XPL

Skupina turmalínu

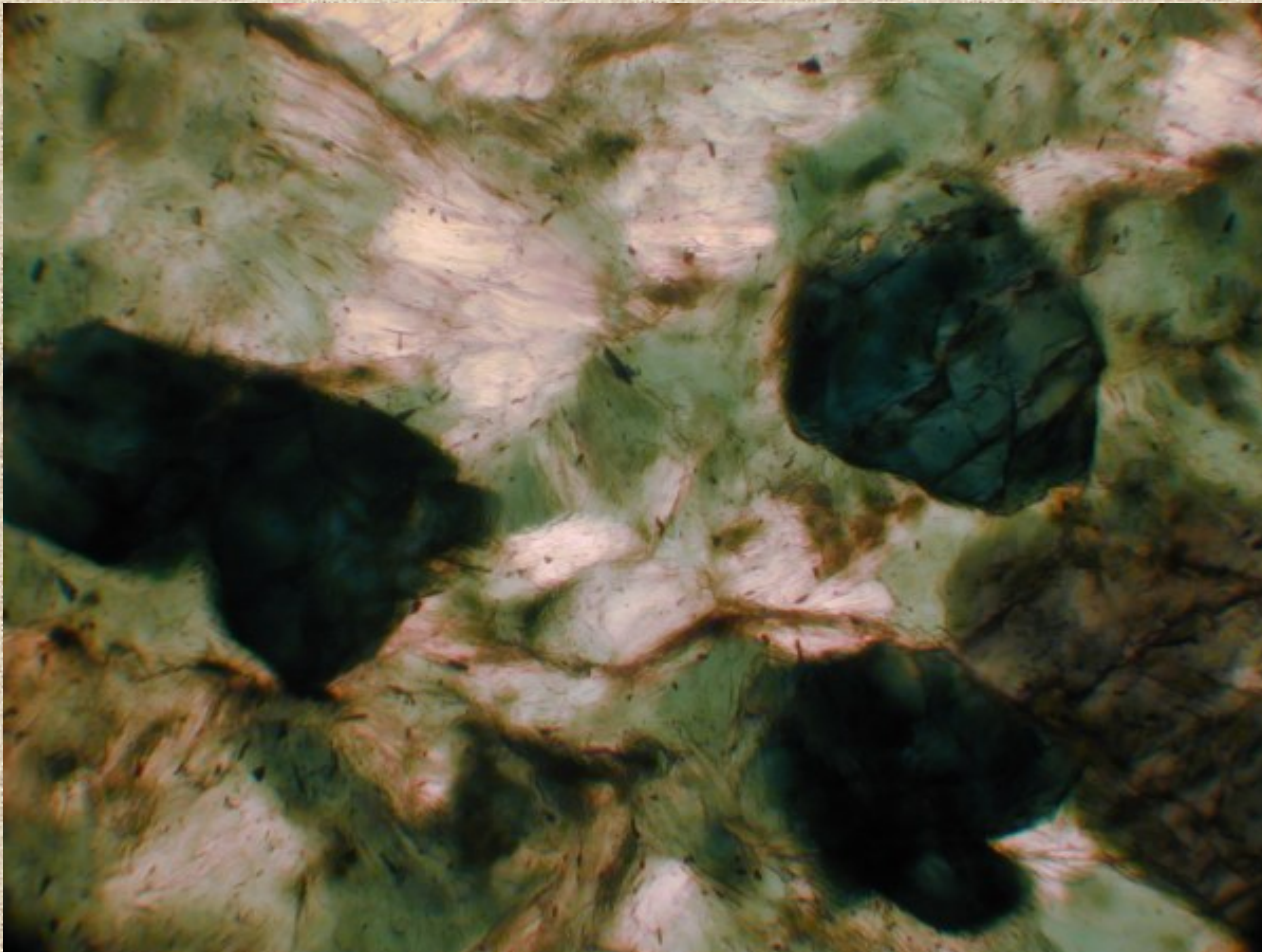
- jako horninotvorný minerál má největší význam skoryl
- tvoří krátce i dlouze sloupcovité průřezy, jehlicovitý, radiálně paprscitý, příčné průřezy zpravidla ditrigonální
- barva ve výbruse je velmi rozmanitá od světle žluté přes zelenou až po různé odstíny hnědé
- zpravidla má pozitivní reliéf, nápadným znakem je velmi silný pleochroismus, kdy absorpce ve směru řádného paprsku je větší ($\omega \gg \epsilon$). Barvy jsou ve směru kolmém na osu z sytější a rovnoběžně s ní světlejší. V příčných řezech je častá zonálnost.
- $n(\omega) = 1,660 - 1,650$; $n(\epsilon) = 1,660 - 1,671$
- $D = 0,025 - 0,035$; Chm-, Chz-
- štěpnost nemá, častá je nepravidelná odlučnost kolmo k ose z
- 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, křemen



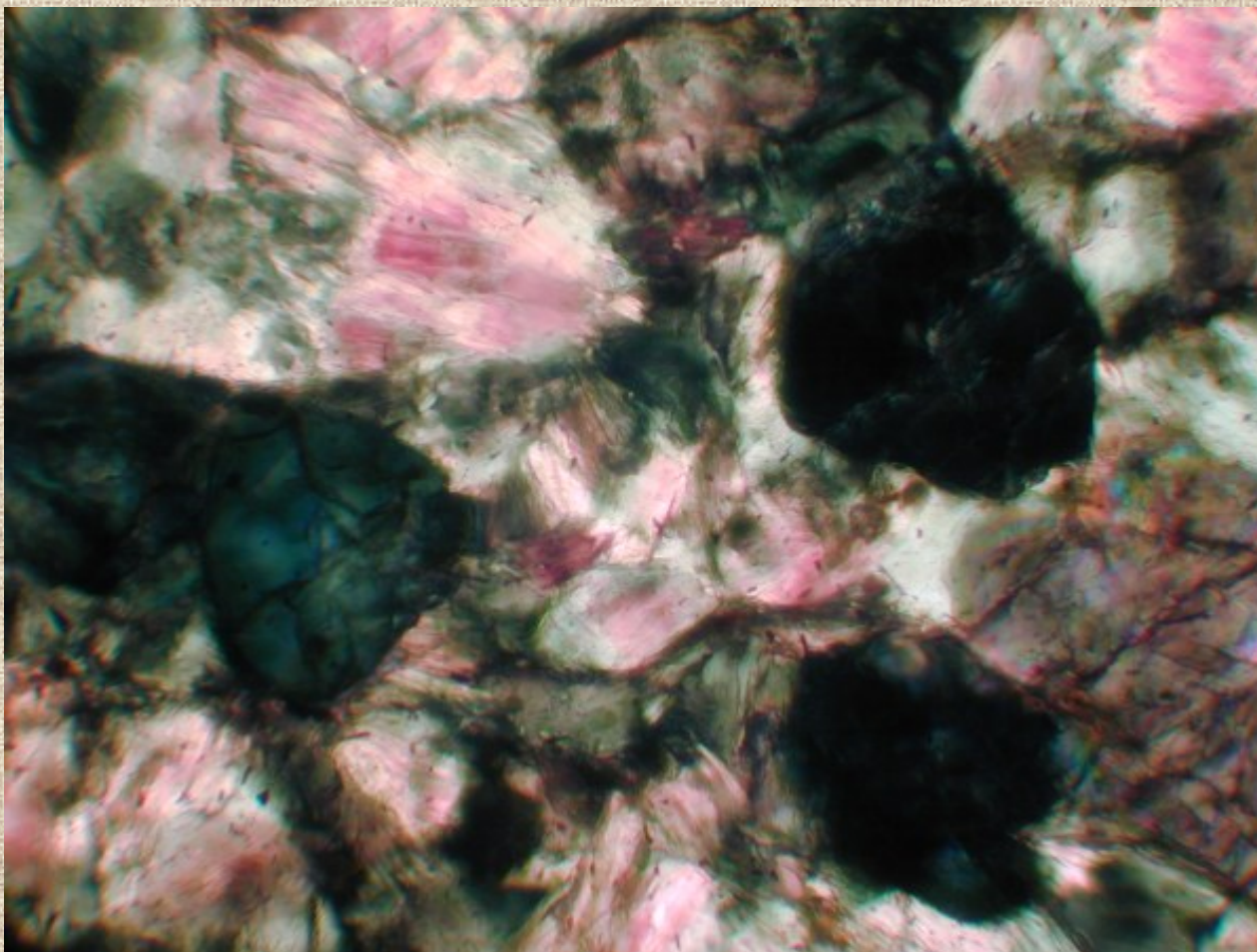
pleochroismus sloupcovitého turmalínu, ve směru z (ω) světlejší odstín, ve směru kolmém k c (ϵ) tmavší odstín); rula, PPL



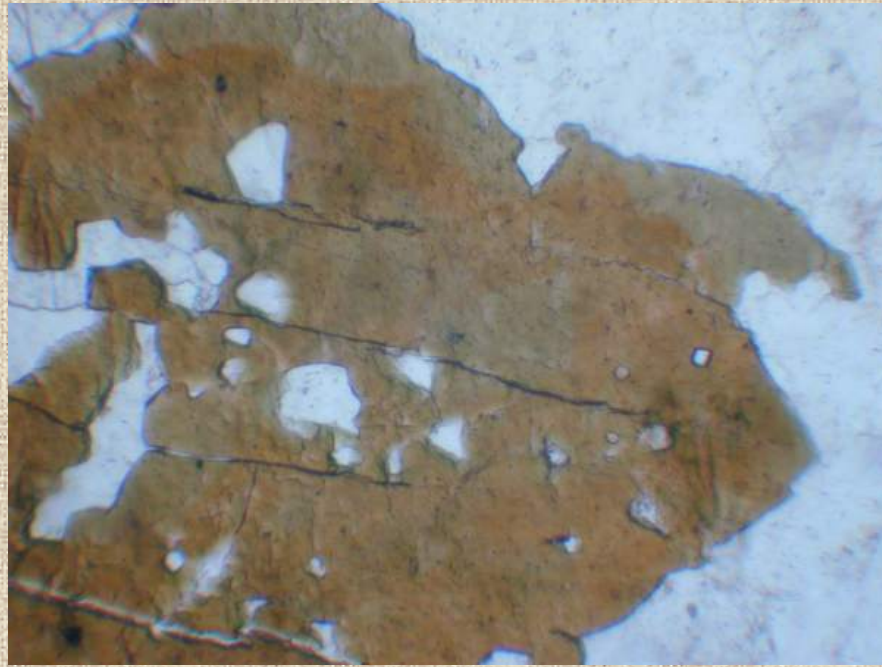
sloupcovité zrno turmalínu (interferenční barvy v poloze 45° od polohy vyhasnutí); rula, XPL



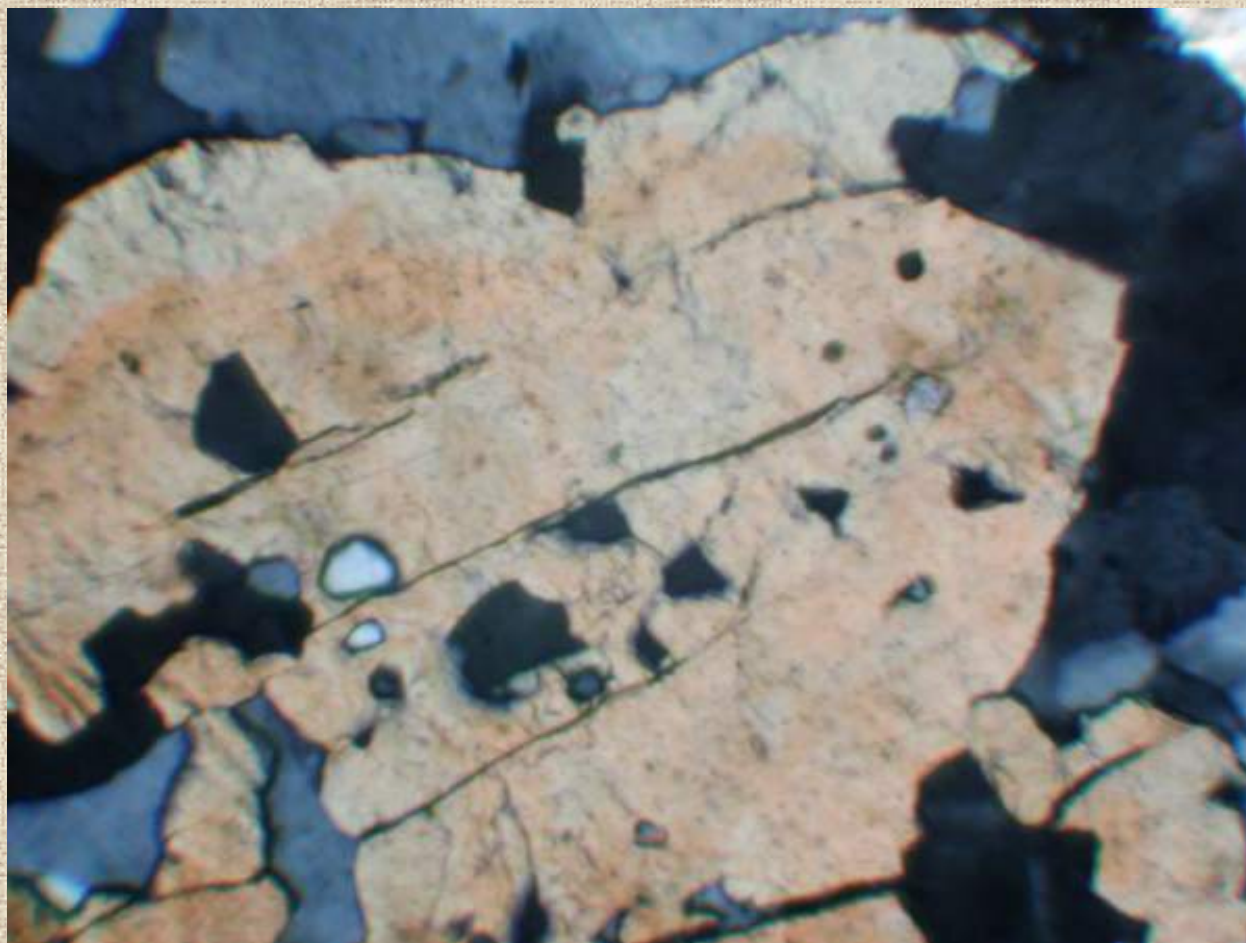
řez turmalínem kolmo k ose z, průřezy jsou bez pleochroismu, v okolí chlorit; PPL



řez turmalínem kolmo k ose z, průřezy jsou izotropní, v okolí chlorit;
XPL



pleochroismus sloupcovitého turmalínu, ve směru z (ω) světlejší odstín,
ve směru kolmém k c (ϵ) tmavší odstín); rula, Nedvědice; PPL



zrno turmalínu (interferenční barvy v poloze 45° od polohy vyhasnutí);
rula, Nedvědice; XPL