

# 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  $124^\circ$ . Podélné průřezy mohou mít kromě štěpnosti i příčnou odlučnost. Často uzavírá biotit, spinel, magnetit nebo zirkon (často s pleochroickými dvůrky).

## Rombické amfiboly – antofylit II

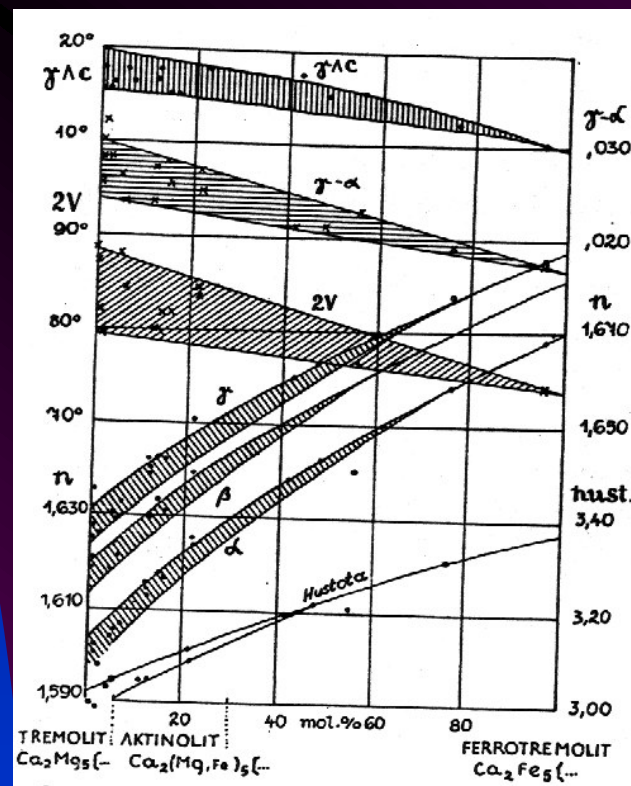
- hodnoty indexů lomu a dvojlomu stoupají s obsahem Fe:
- $n_{\text{■}} = 1,605 - 1,654$
- $n_{\text{■}} = 1,620 - 1,672$
- $n_{\text{■}} = 1,642 - 1,690$
- $D = 0,017 - 0,020$
- $R_o$  odpovídá (010),  $\text{■} = c$ ,  $Chm$  i  $Chz +$ , úhel  $2V$  kolem 80
- dokonalá podle (100), odlučnost podle (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  $\sigma$  světla žlutozelenou, podle  $\epsilon$  světla zelenožlutou a podle  $\rho$  světla modrozelenou barvu.
- charakteristická je štěpnost v příčných řezech, v podélných řezech může být viditelná příčná odlučnost. Úhel zhášení  $\sigma$  c =  $10 - 15^\circ$ , v příčných řezech je zhášení symetrické.
- štěpnost dokonalá (110)

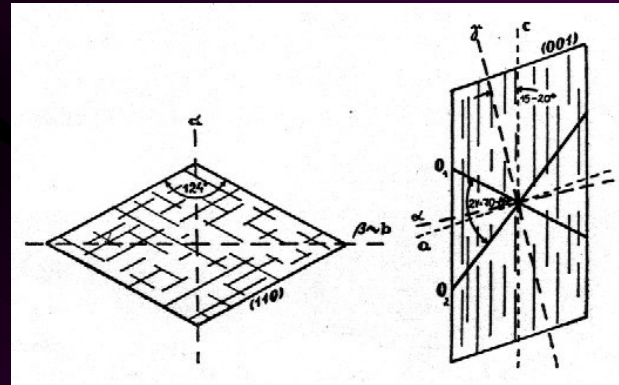


# Monoklinické amfiboly II (řada aktinolitu)



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

## Monoklinické amfiboly III (řada aktinolitu)



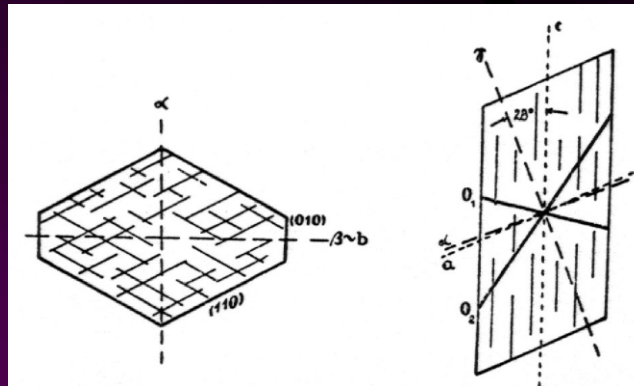
- Ro odpovídá (010),  $d_{hkl} = b$ , Chm-, Chz+, tremolit  $2V(\alpha) = 85^\circ$ , aktinolit  $2V(\alpha) = 80^\circ$
- tremolit se může podél štěpnosti měnit na mastek, aktinolit se vzácně mění na minerály serpentínové skupiny
- tremolit se vyskytuje v metamorfovaných dolomitických vápencích, aktinolit 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:  
■ světle žlutozelená nebo světle modrá, ■ zelenavá až olivově zelená, ■ olivově zelená až modrozelená
- příčné řezy bývají ve tvaru protaženého šestiúhelníku s typickou štěpností, indexy lomu spíše vyšší, střední dvojlom. Úhel zhášení hastingsitu je ■ $c = 14 - 20$  , tschermakit má ■ $c = 15 - 22$  . 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):
- $n_{\alpha} = 1,646 - 1,700; 1,640 - 1,673$
- $n_{\beta} = 1,658 - 1,719; 1,659 - 1,690$
- $n_{\gamma} = 1,662 - 1,722; 1,658 - 1,696$
- $D = 0,016 - 0,022; 0,018 - 0,023$
- Ro je (010), Chm-, Chz+. Úhel optických os vzrůstá s obsahem Mg - hastingsit má  $2V(\alpha) = 34 - 90$ , tschermakit má  $2V(\alpha) = 65 - 90$ .
- 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 nízcě metamorfovaných horninách může při retrogradní 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)

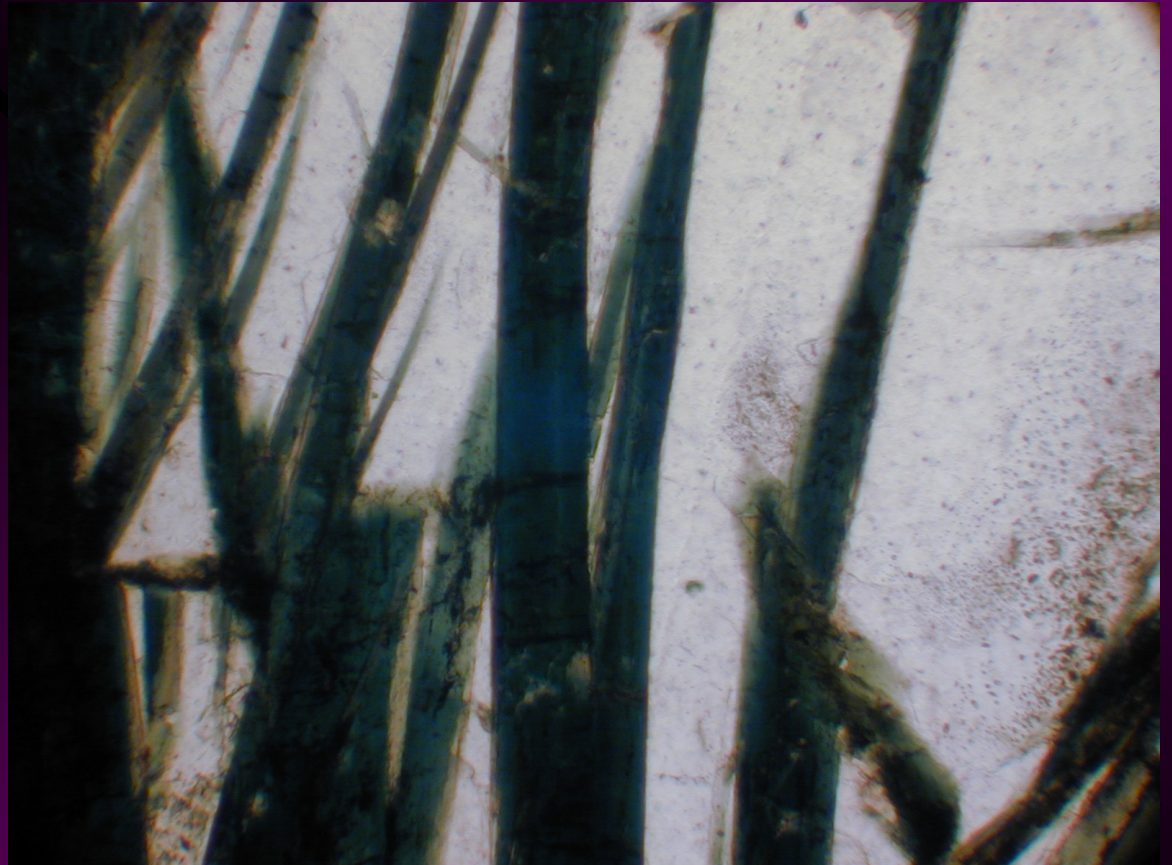
- tyto amfiboly jsou typické především ve vulkanických horninách, protože v jejich struktuře převažuje  $\text{Fe}^{+3}$  nad  $\text{Fe}^{+2}$  a skupina  $\text{OH}^-$  je často zastoupena  $\text{O}^{2-}$  (výsledná barva je nejčastěji hnědá). Často též vznikají oxidací „zelených“ amfibolů, kdy za teplot nad 800 dochází k významným změnám v jejich optických charakteristikách.
- automorfní krystaly, často s korodovanými kraji. Příčné průřezy ve tvaru nepravidelného šestiúhelníku s dvojitým 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)

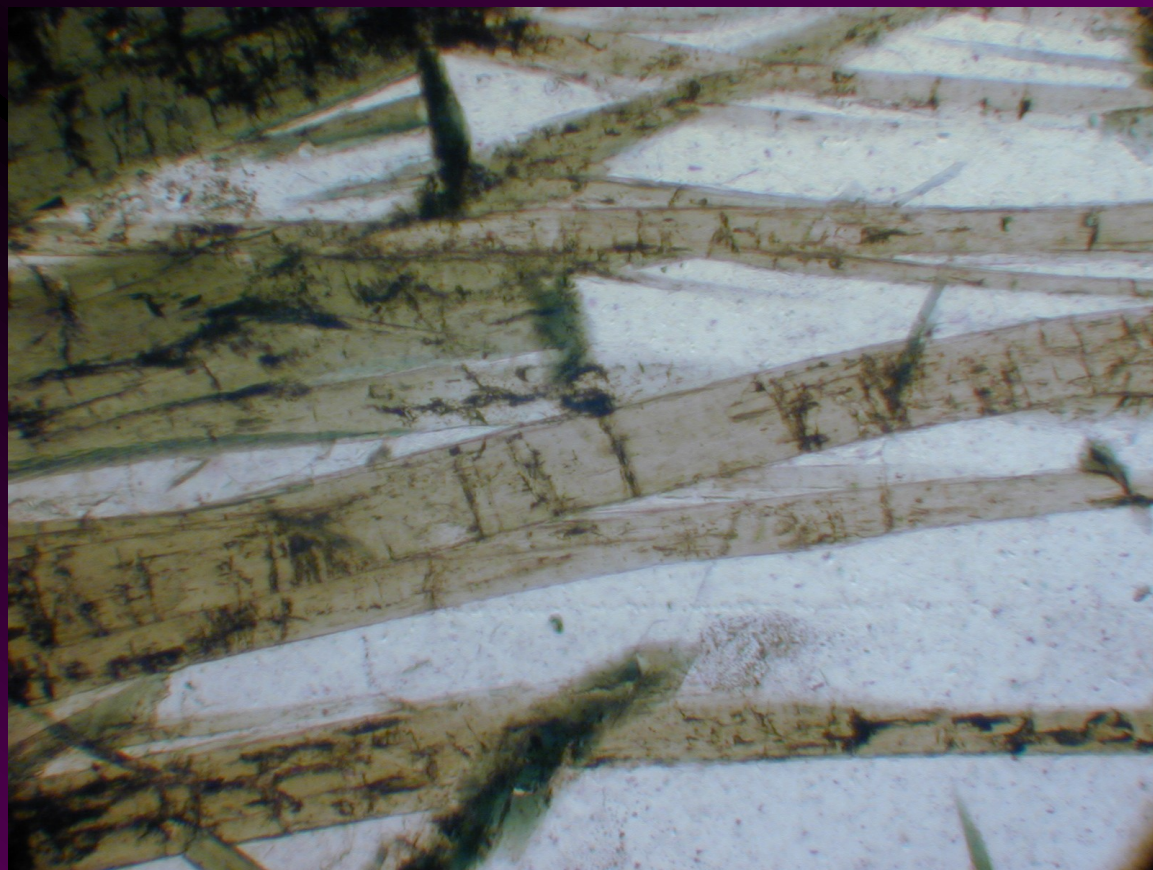
- štěpnost dokonalá (110), někdy odlučnost podle (001), (010)
- pokles tlaku v magmatu často vede k porušení stability těchto amfibolů, což vede k nahrazování agregátem magnetitu, hematitu a diopsidického pyroxenu. Proces se označuje jako opacitizace a může začínat přeměnou okrajů a následně celého zrna 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

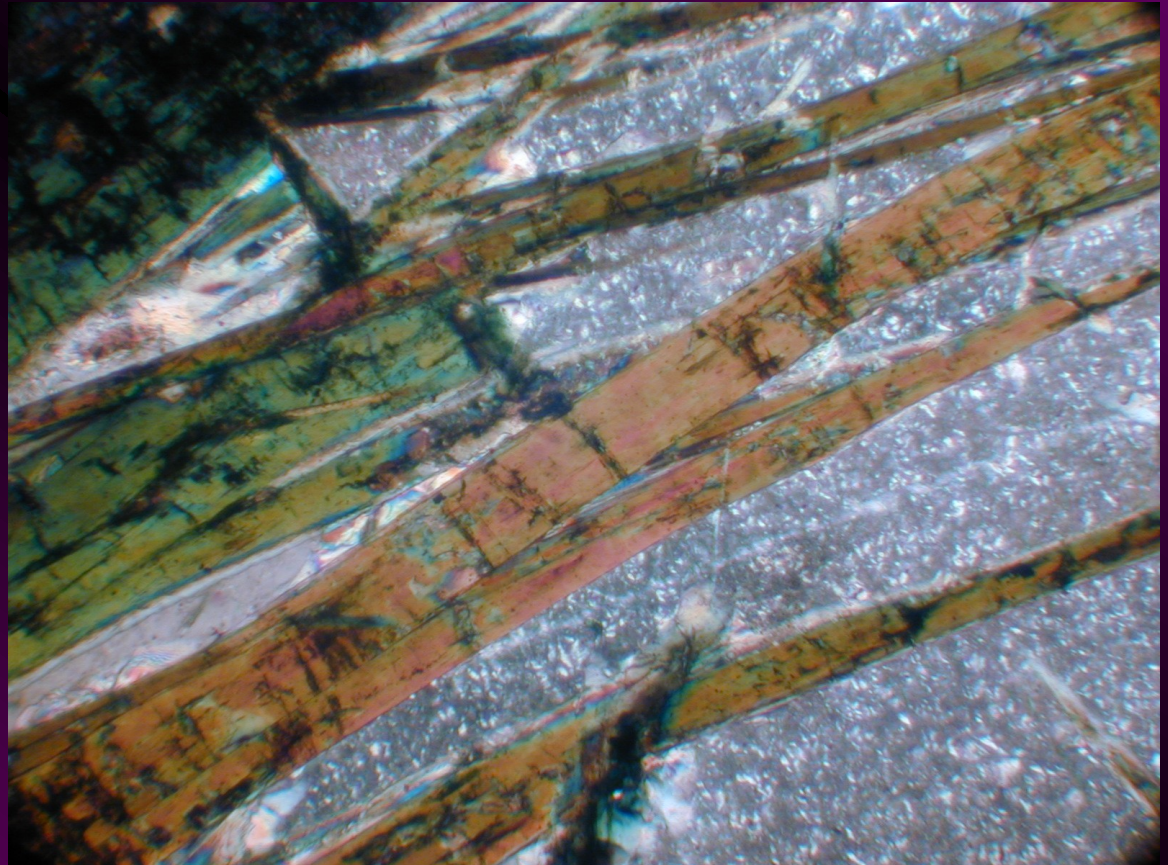




jehlicovitý amfibol v kalcitu, ve směru kolmo k c světle  
hnědá barva; 1 nikol

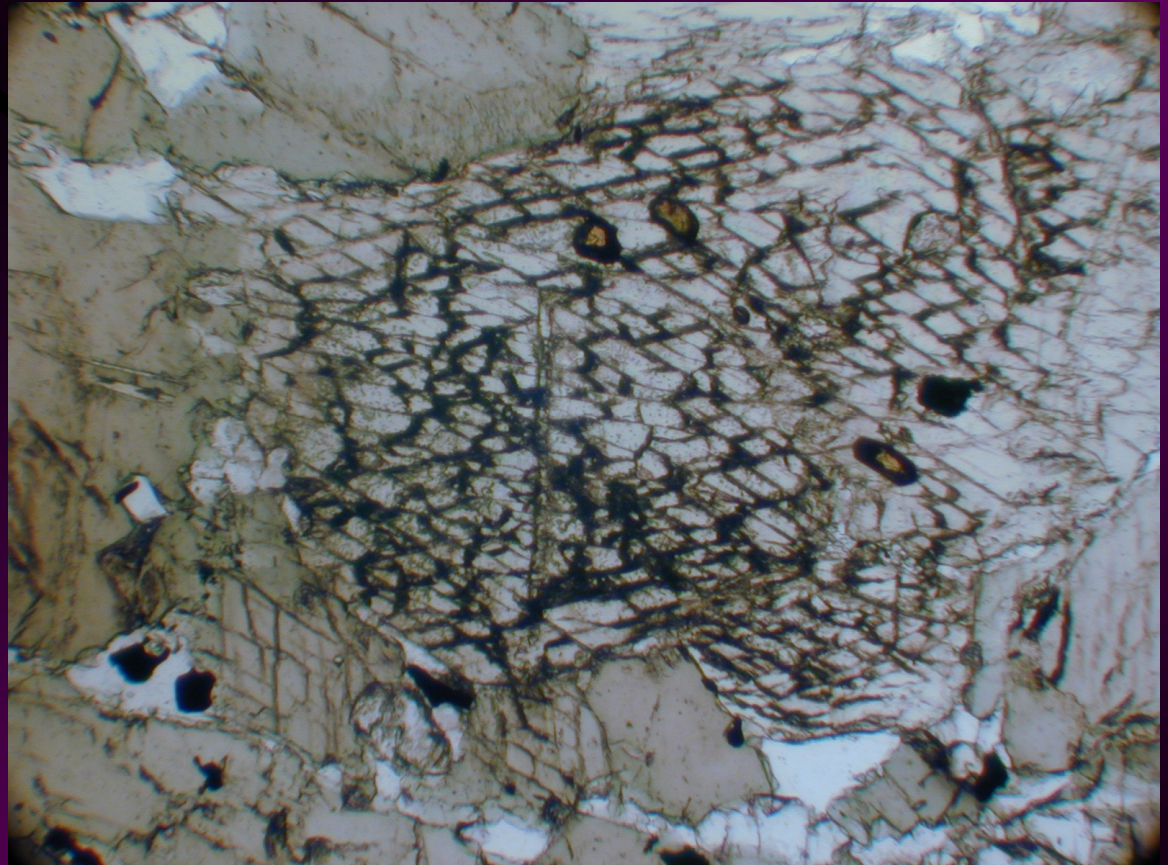


jehlicovitý amfibol v kalcitu, interferenční barvy v pozici 45° od polohy vyhasnutí; zkř. nikoly

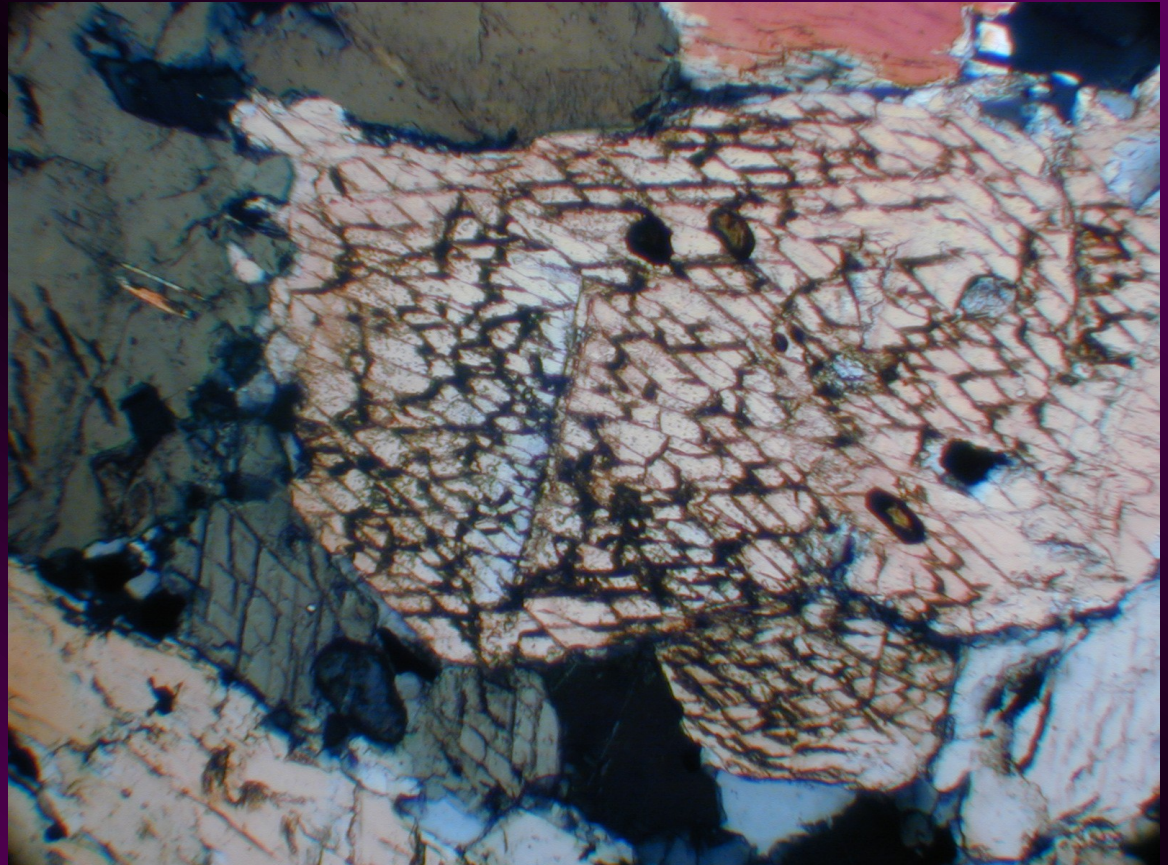




prizmatická štěpnost amfibolu pod úhlem 120 ;  
amfibolit, 1 nikol

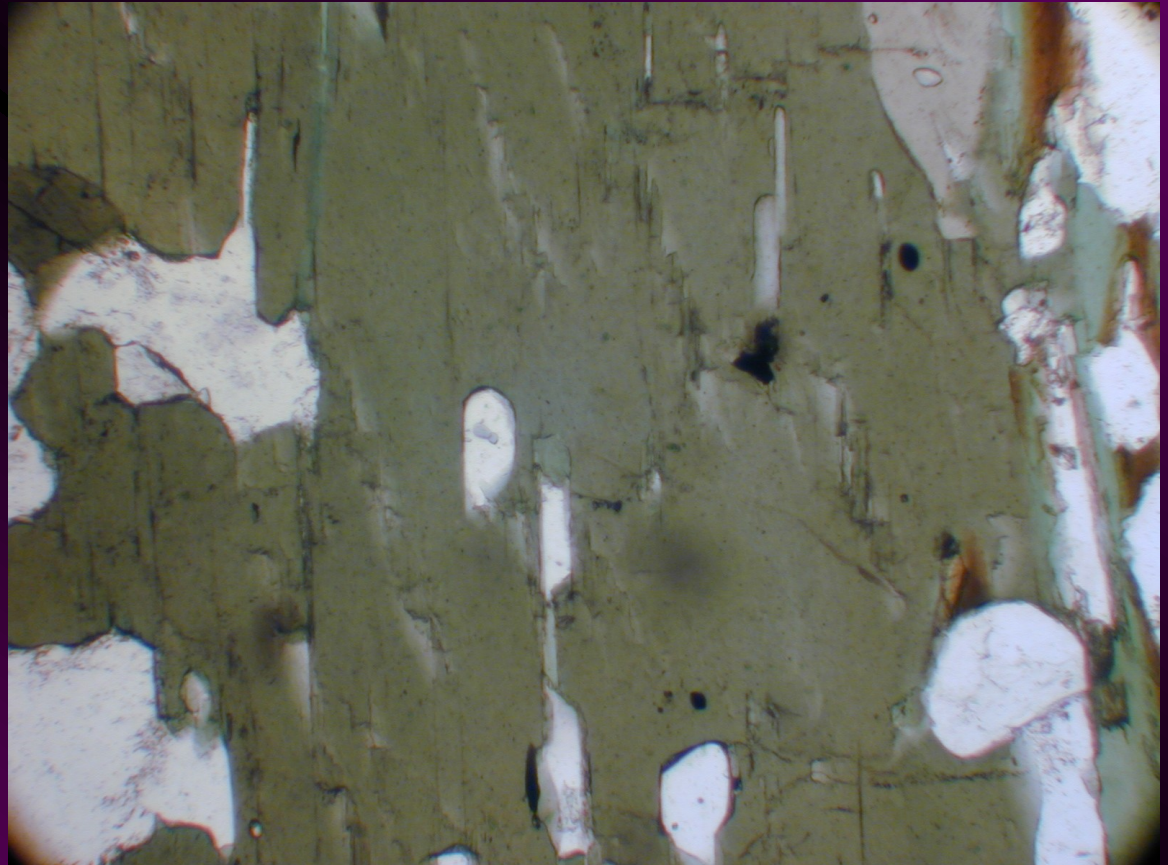


prizmatická štěpnost v amfibolu pod úhlem 120 ;  
amfibolit, zkř. nikoly

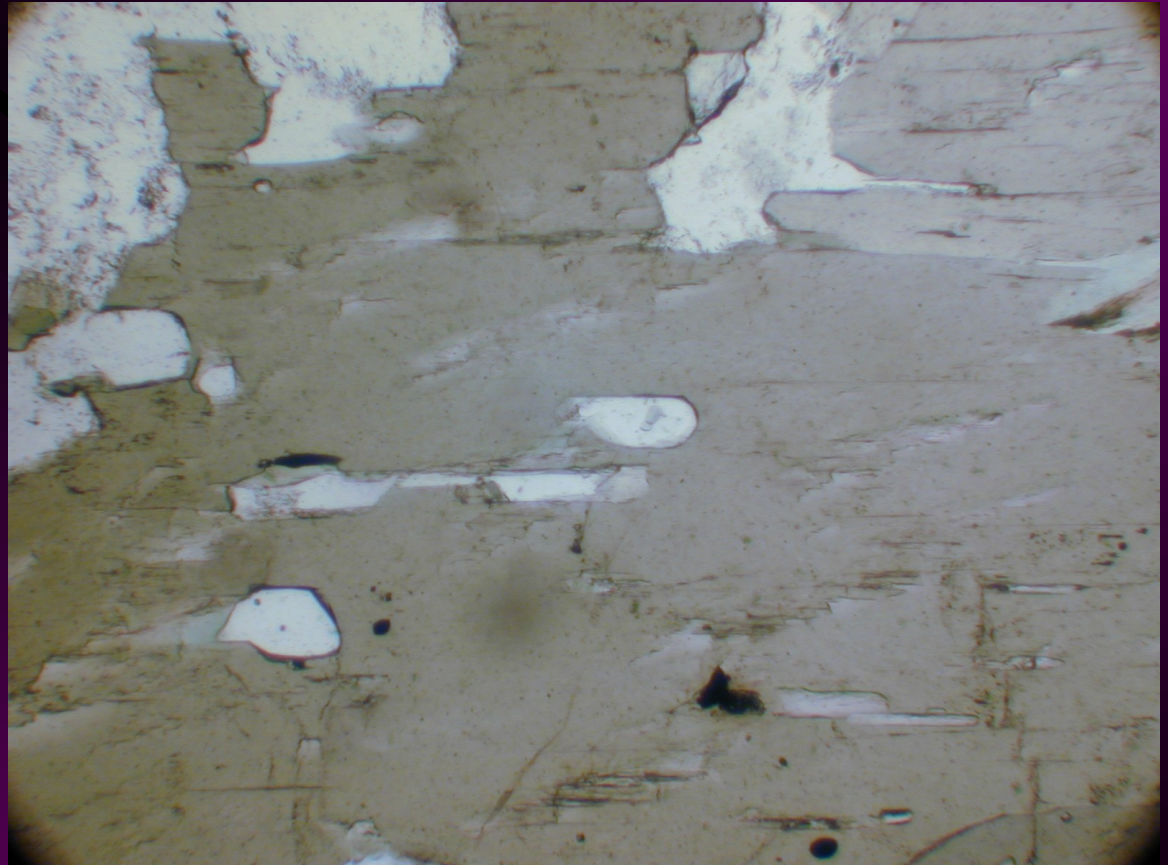




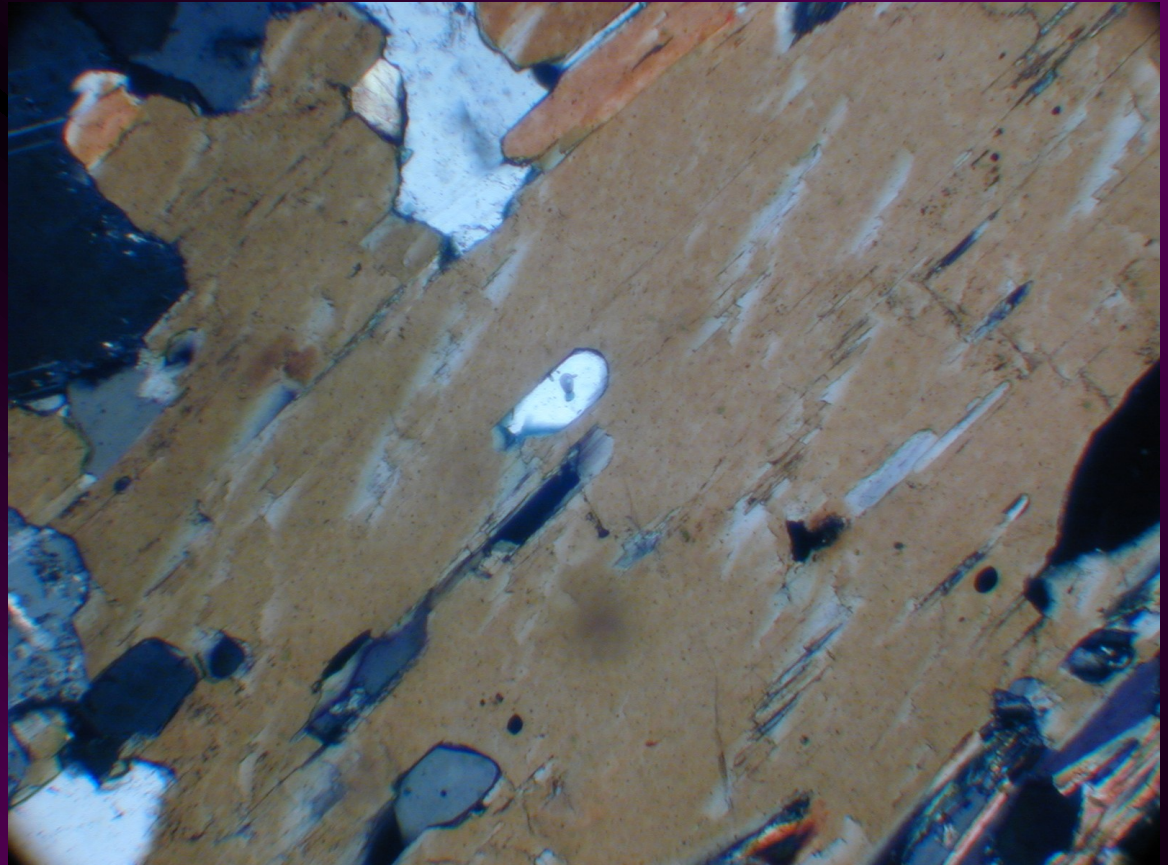
barva amfibolu podle  inkluze apatitu; rula, 1 nikol



barva amfibolu podle  $\alpha$  nebo  $\beta$ , inkluze apatitu;  
rula, 1 nikol



interferenční barvy amfibolu, inkluze apatitu; rula, 1 nikol





# Rozlišení pyroxenů a amfibolů

## Pyroxeny

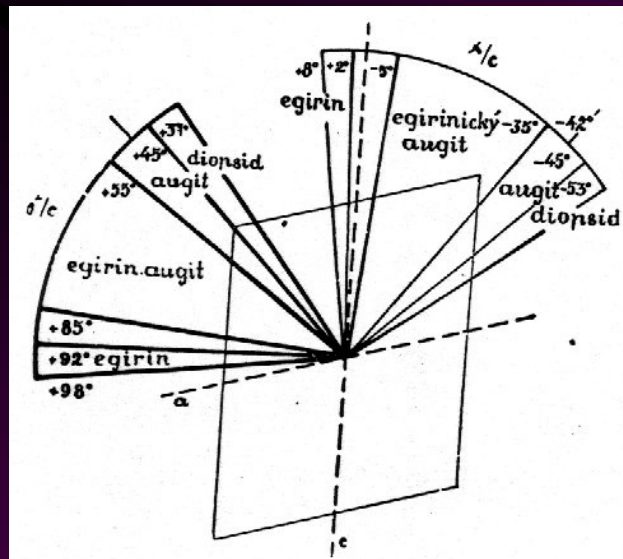
- zpravidla krátce sloupcovitý tvar
- černá nebo černohnědá barva
- štěpné trhliny svírají v příčném řezu úhel  $90^\circ$
- příčné průřezy při automorfním omezení čtvercové nebo nepravidelného osmiúhelníkové
- úhly zhášení monoklin. pyrox. jsou zpravidla větší než  $30^\circ$

## Amfiboly

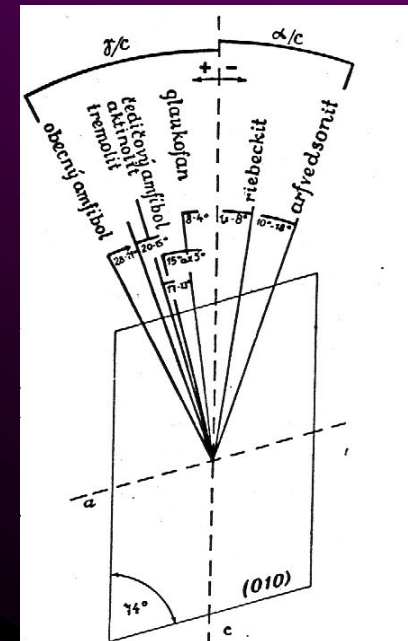
- dlouze sloupcovité krystaly nebo agregáty
- zelená, hnědá nebo černá barva
- štěpné trhliny svírají v příčném řezu úhel  $120^\circ$
- příčné průřezy mají při automorfním omezení tvar kosočtverce nebo nepravidelného šestiúhelníku
- úhly zhášení monoklin. amfibolů jsou zpravidla nižší než  $30^\circ$



# Úhly zhášení pyroxenů a amfibolů



pyroxeny



amfiboly

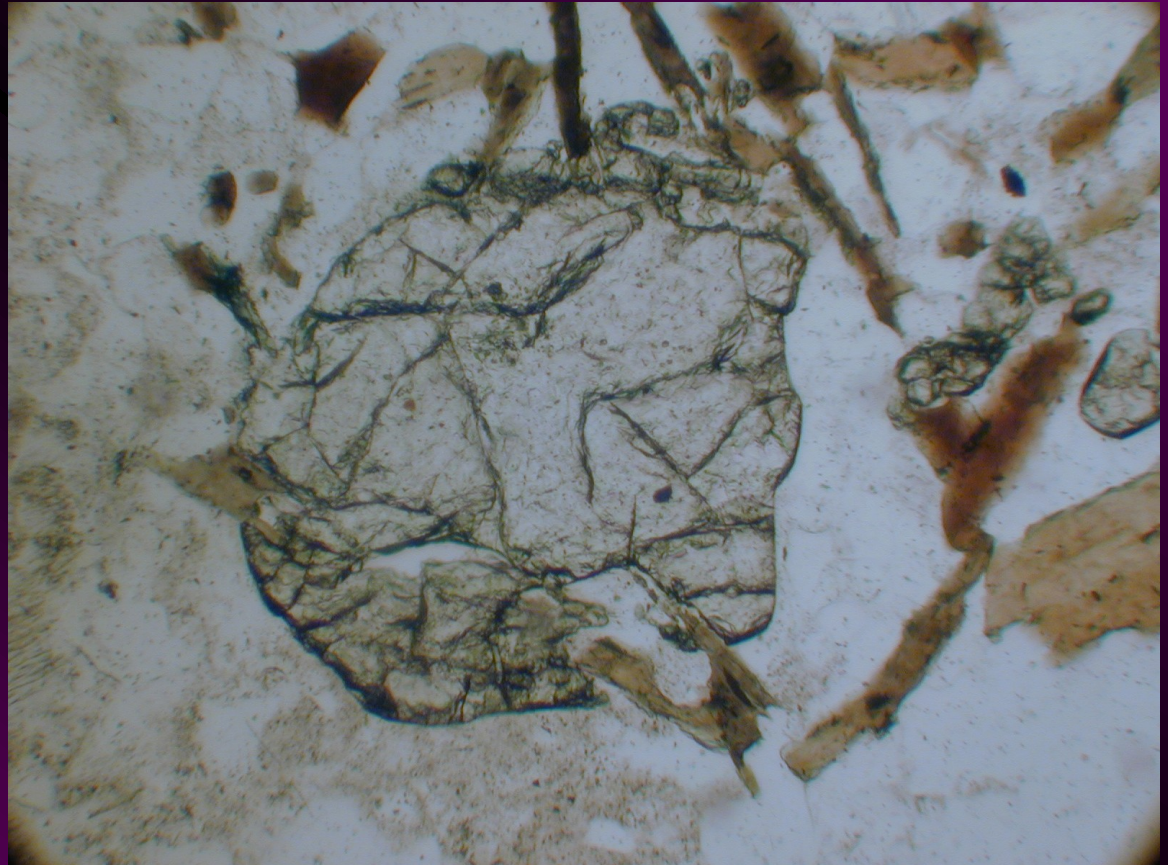
# Skupina granátů I

- granáty bývají často krystalované, nejčastějšími tvary je dvanáctistěn kosočtverečný  $\{110\}$  a čtyřiadvacetistěn  $\{211\}$  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 synmetamorfní 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 (kelyfitická obruba). Hydrotermální alterace může vést k nahrazení granátu chloritem, popř. biotitem nebo epidotem. Jinak jsou granáty poměrně stabilní.

# Skupina granátů II

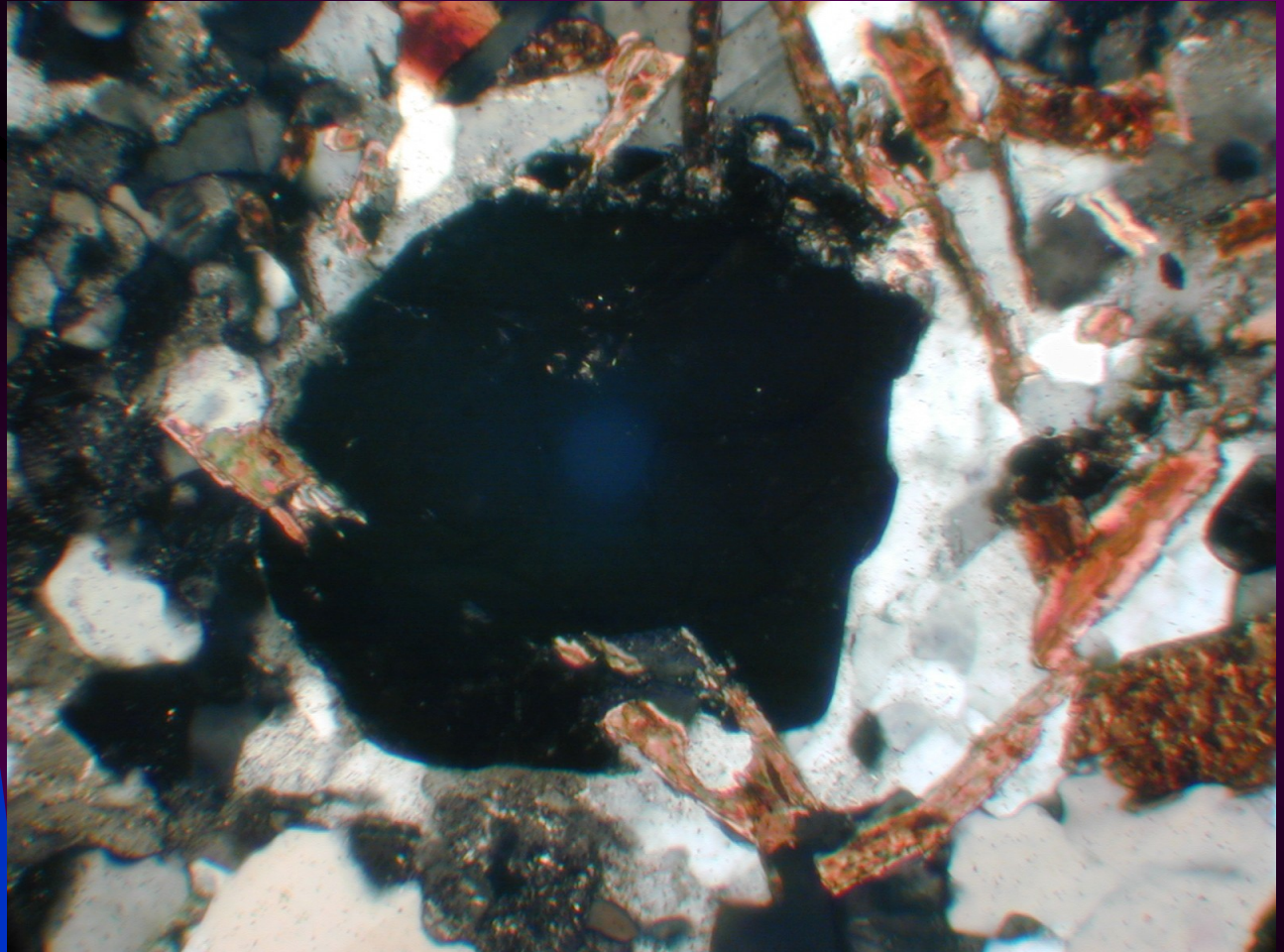
- **Pyrop**  $Mg_3 Al_2 [SiO_4]_3$   
zpravidla zaoblená zrna, vysoký reliéf, někdy bývá lemován kelyfitickou obrubou,  $n = 1,72 - 1,76$ , vysokotlaké a vysokoteplotní horniny jako peridotity, kimberlity nebo eklogity, serpentinity. Minerální parageneze: olivín, pyroxeny (omfacit), flogopit, serpentinová 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

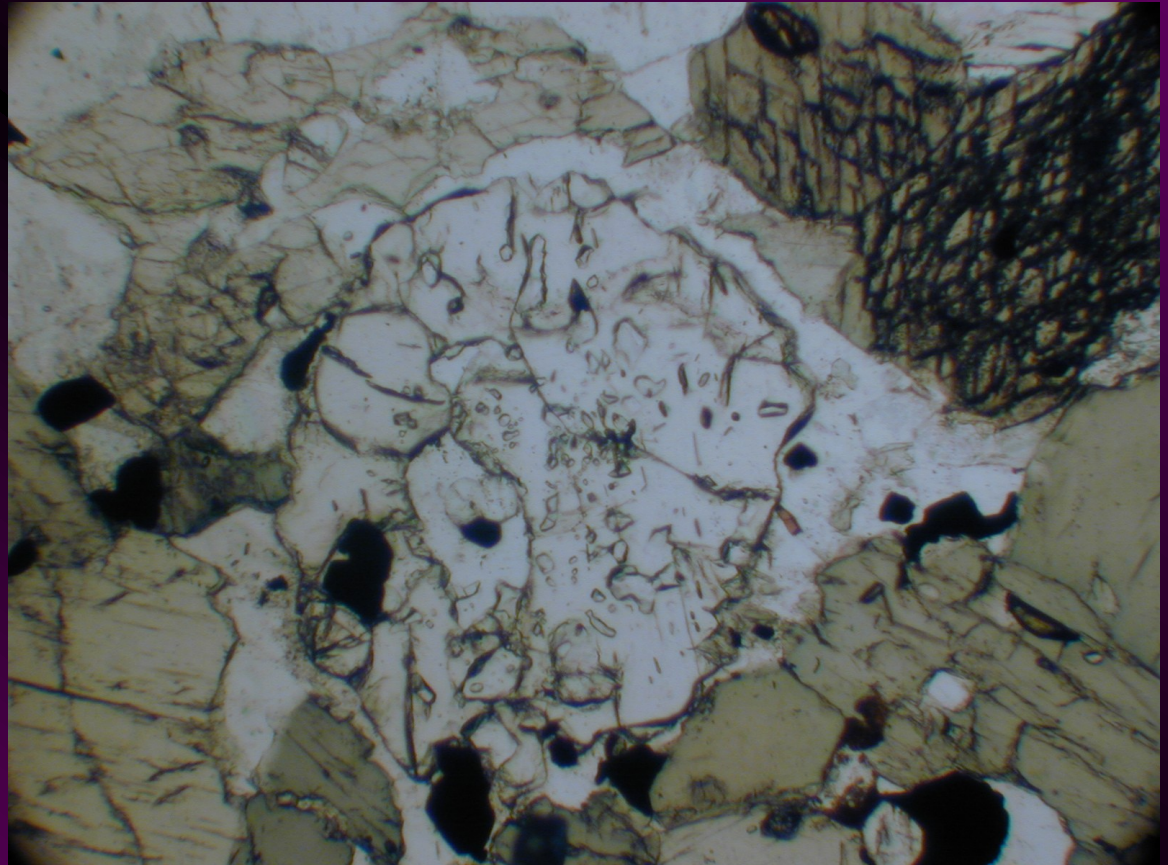




izotropie granátu, zkř. nikoly

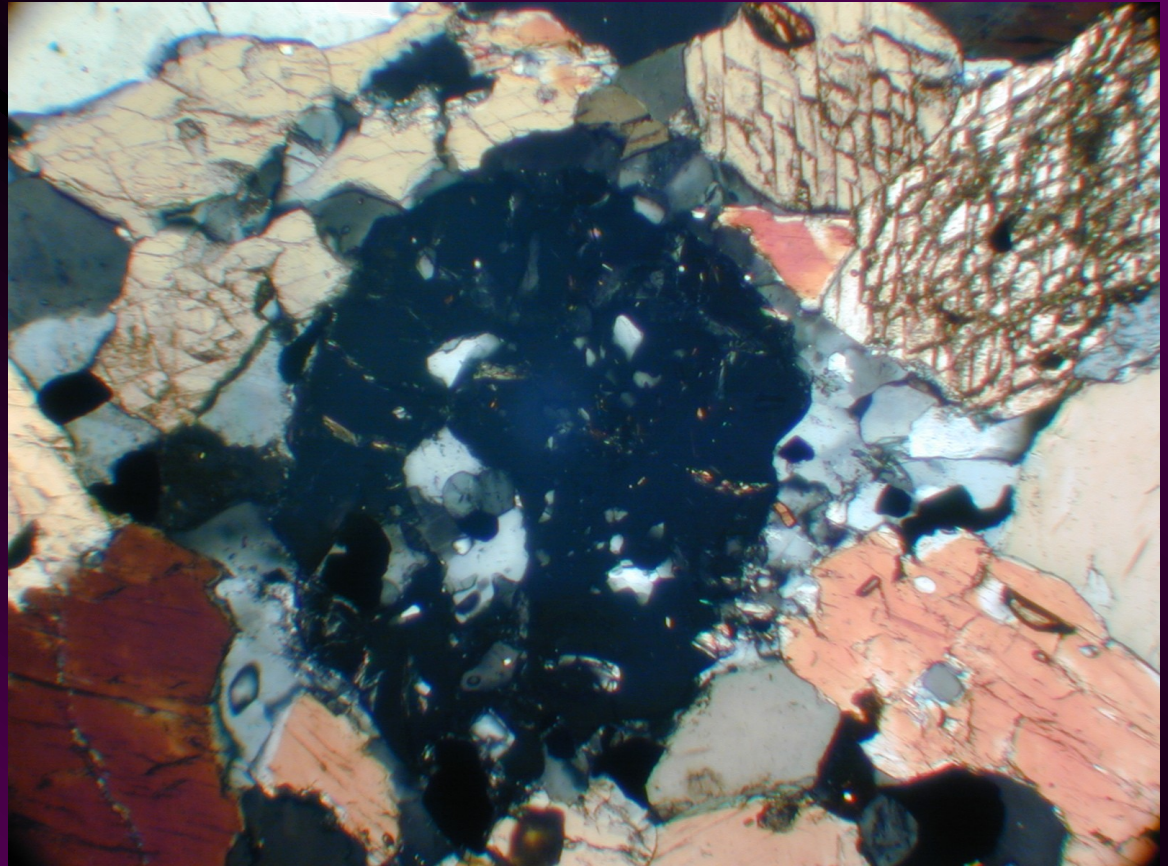


izometrické zrno granátu s inkluzemi, amfiboly;  
amfibolit, 1 nikol

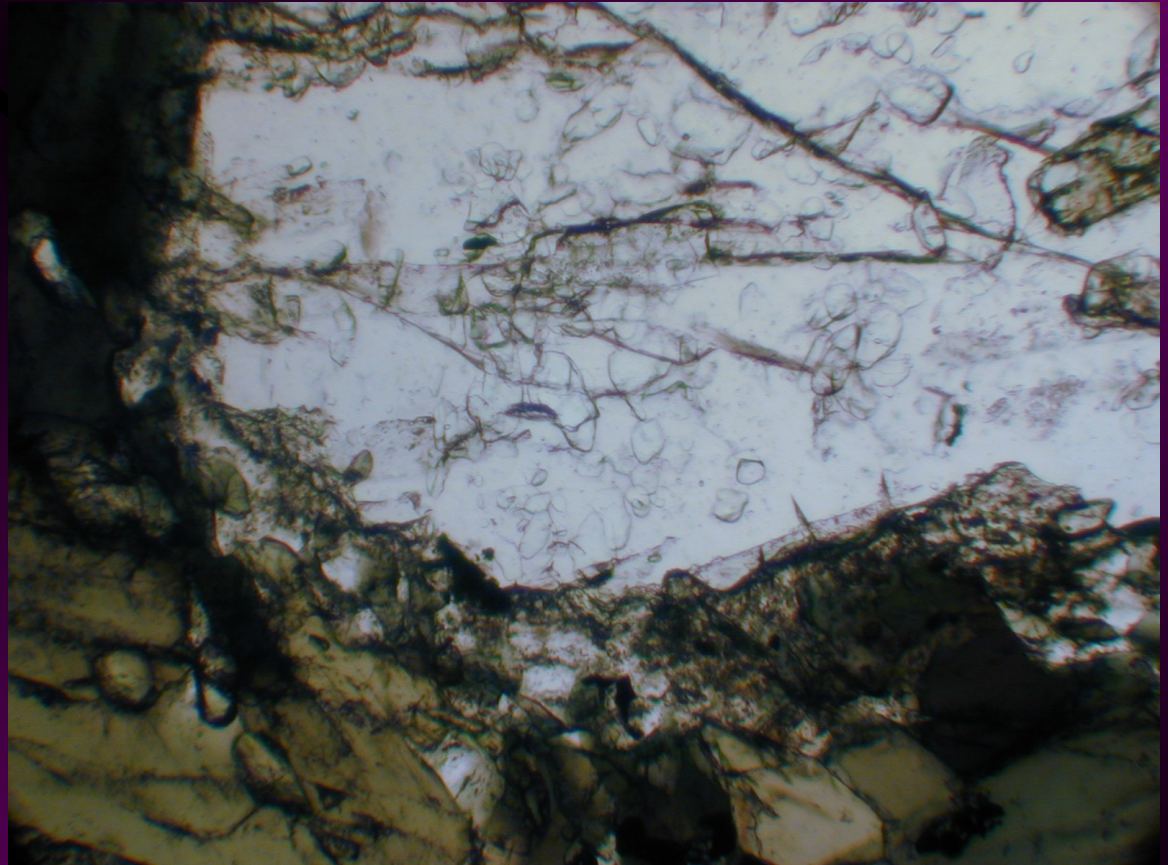




izometrické zrno granátu s inkluzemi, amfiboly;  
amfibolit, zkř. nikoly

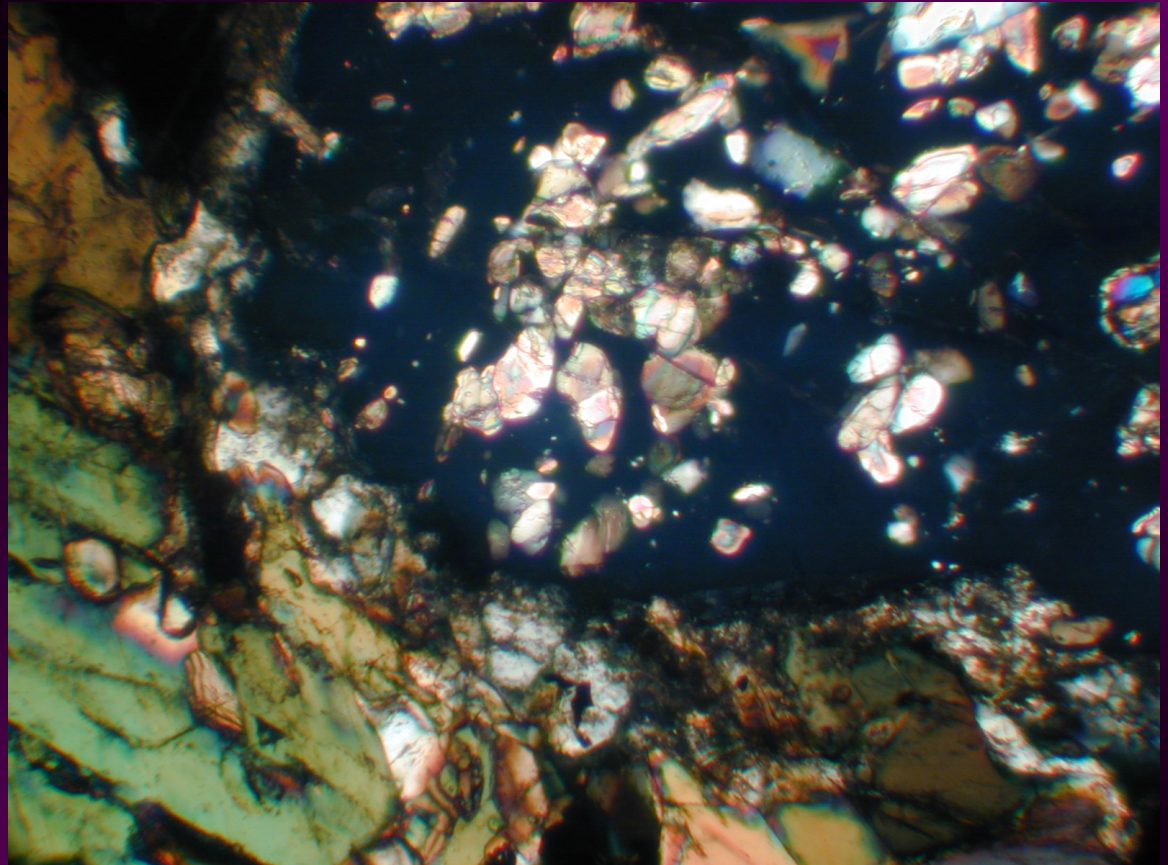


zrno granátu, amfibol; amfibolit, 1 nikol





zrno granátu, amfibol; amfibolit, zkř. nikoly



# Karbonáty I

Skupina karbonátů (kalcit, dolomit, ankerit, rodochrozit, siderit) má základní optické charakteristiky velmi podobné. Podle složení se mění barva nebo index lomu. K rozlišení jednotlivých minerálů v této skupině je třeba některých speciálních metod. Nejběžnějším karbonátem je kalcit, pro který platí následující hodnoty.

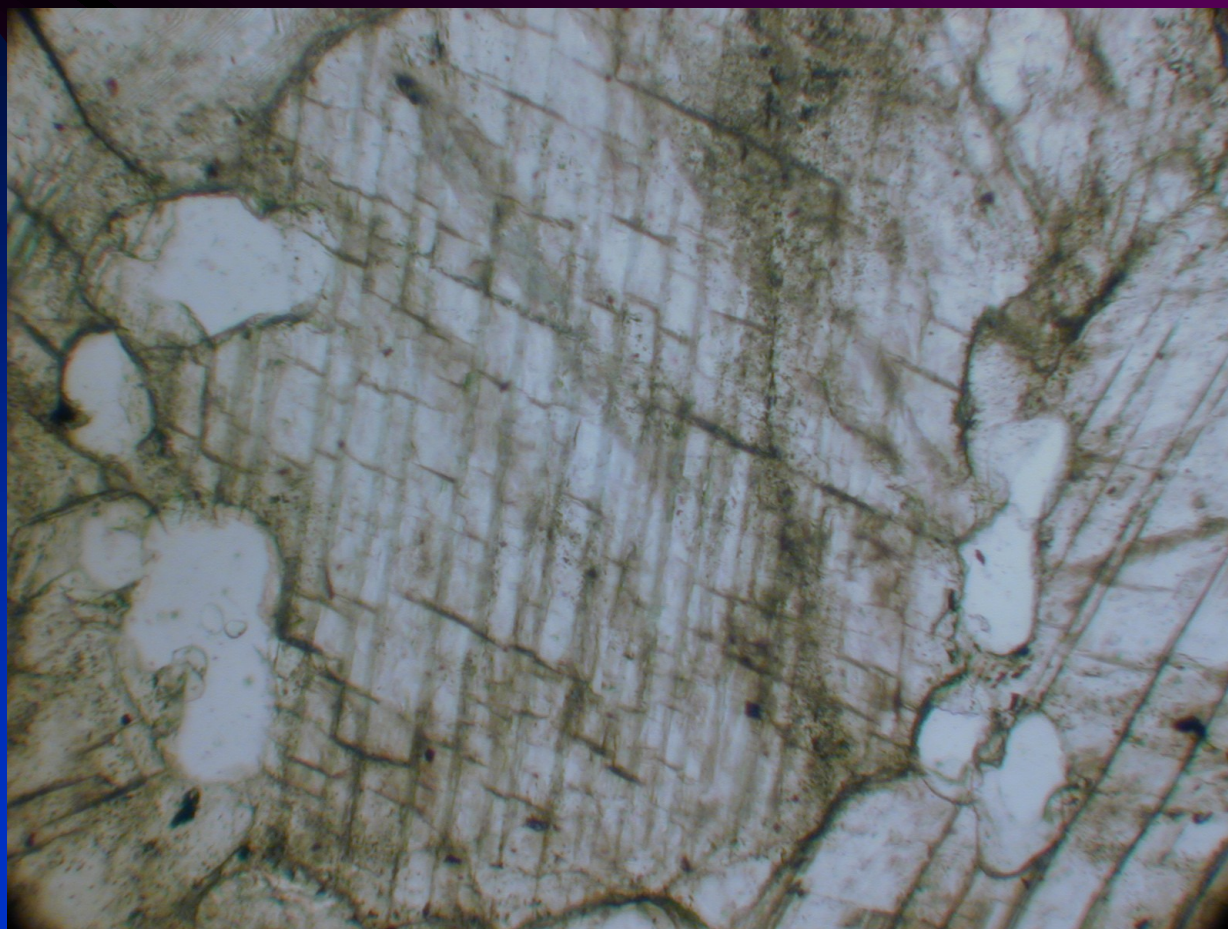
- zpravidla xenomorfní zrna, oolity, vláknité agregáty nebo forma fosilních zbytků
- barva: průhledný, bezbarvý
- charakteristické je dvojčatné lamelování, které vzniká již při malém tlaku. Dokonalá štěpnost se protíná pod úhlem přibližně  $120^\circ$ . Nápadný je také velmi vysoký dvojlom. Karbonáty často uzavírají grafitový nebo železitý pigment, který způsobuje zakalení zrn.
- $n(\text{■}) = 1,486$
- $n(\text{■}) = 1,658$
- $D = 0,172$
- vysoký dvojlom způsobuje vznik bělavých interferenčních barev, které se při zasunutí sádrovcové destičky nemění, Chm-

## Karbonáty II

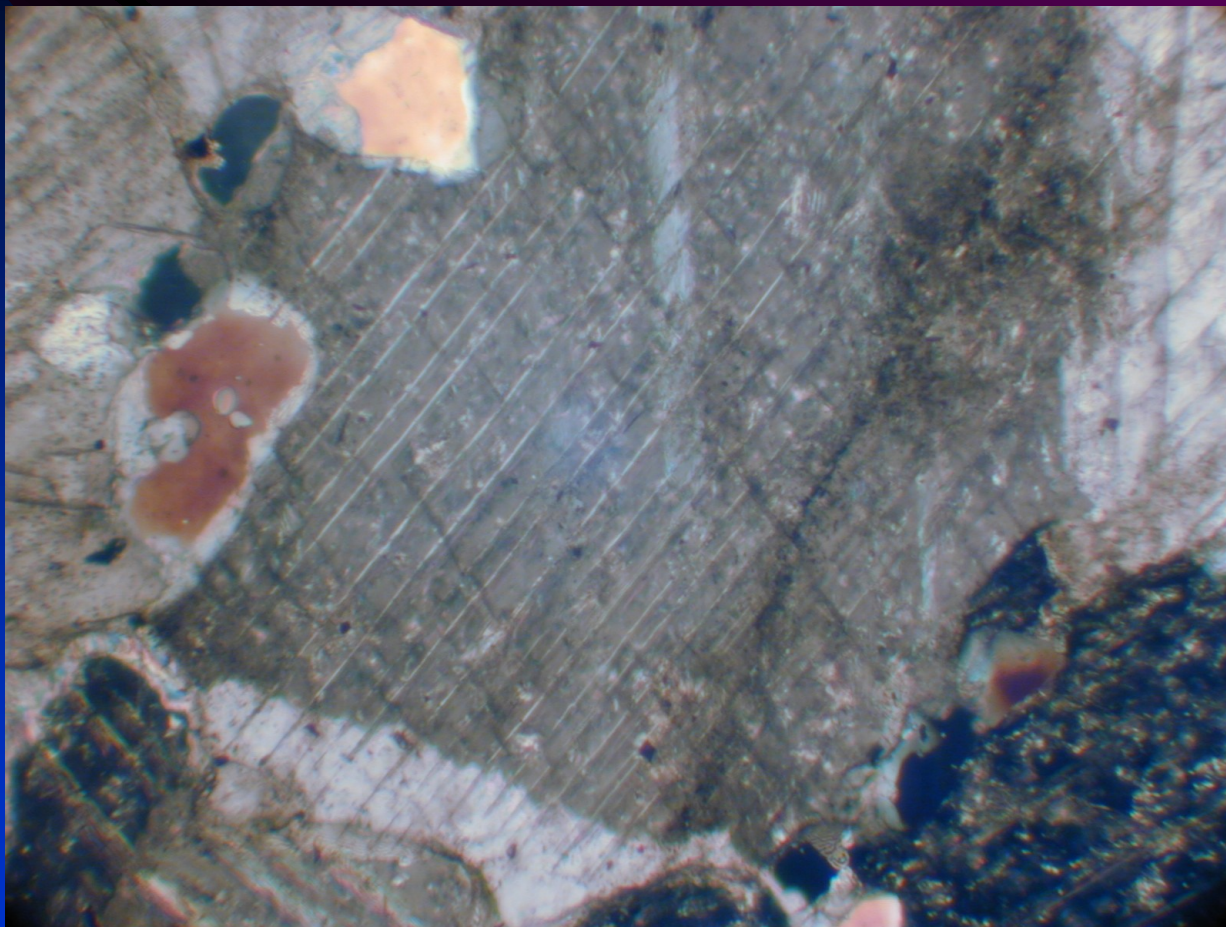
- štěpnost dokonalá podle klence (10-11)
- dvojčatění může být různé: podle báze (0001), podle základního klence (10-11), podle nižšího záporného klence (01-12), podle záporného klence (02-21), případně tlakové dvojčatění
- vůči změnám tlaku a teploty je poměrně odolný, během zvětrávání se velmi snadno rozpouští
- v magmatických horninách se vyskytuje pouze v alkalických typech (karbonatity), běžný je na hydrotermálních žilách nebo jako druhotné výplň dutin vulkanických hornin. Je jedním z produktů přeměn bazických plagioklasů. V sedimentech je naprosto převažující ve vápencích a mramorech, méně pak v klastických sedimentech, zpravidla jako tmel. V metamorfovaných horninách je typický pro mramory a některé kontaktní horniny.



klencová štěpnost kalcitu, zrna křemene; 1 nikol

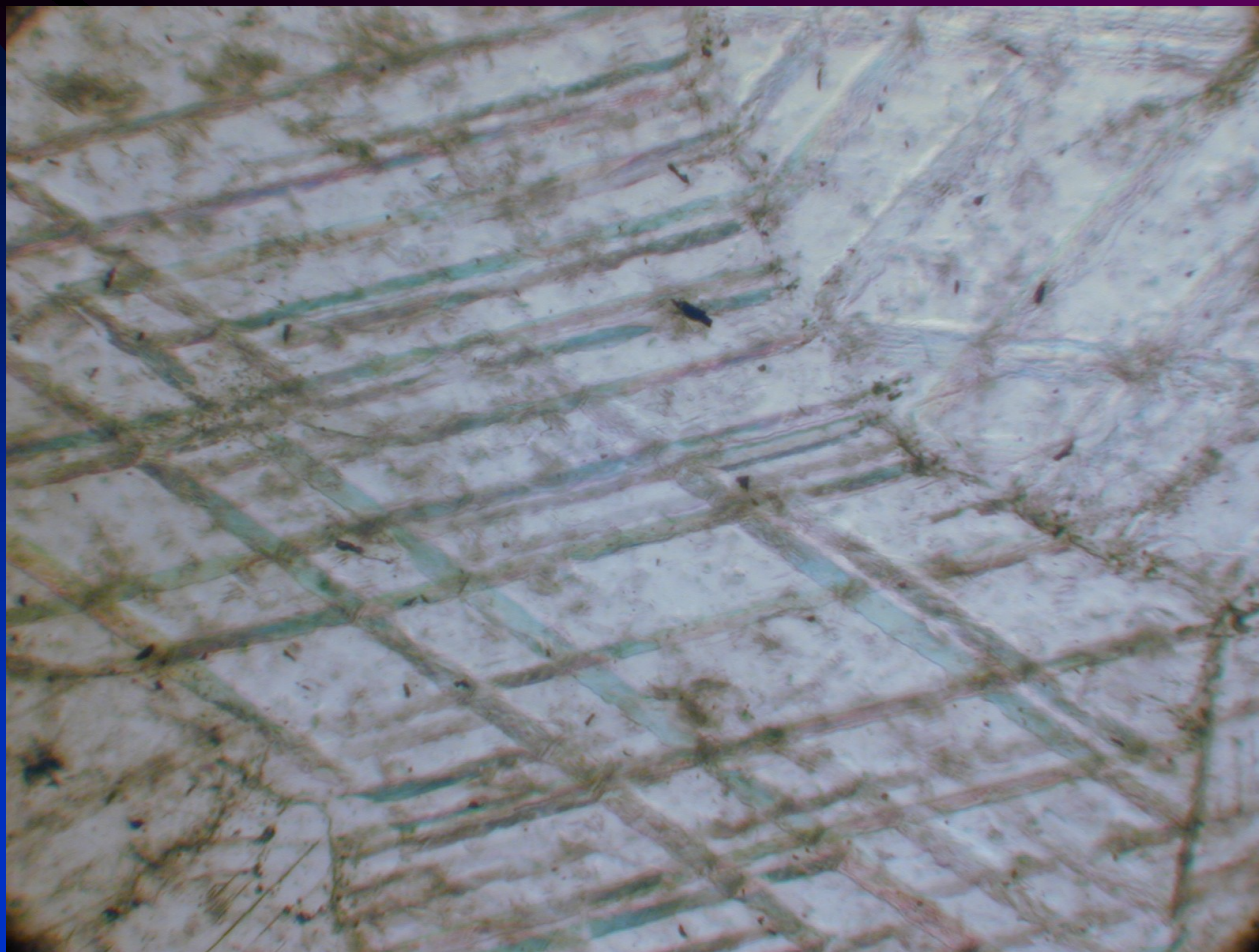


dvojlom kalcitu, zrna křemene; zkř. nikoly





## tlakové dvojčatění kalcitu; 1 nikol

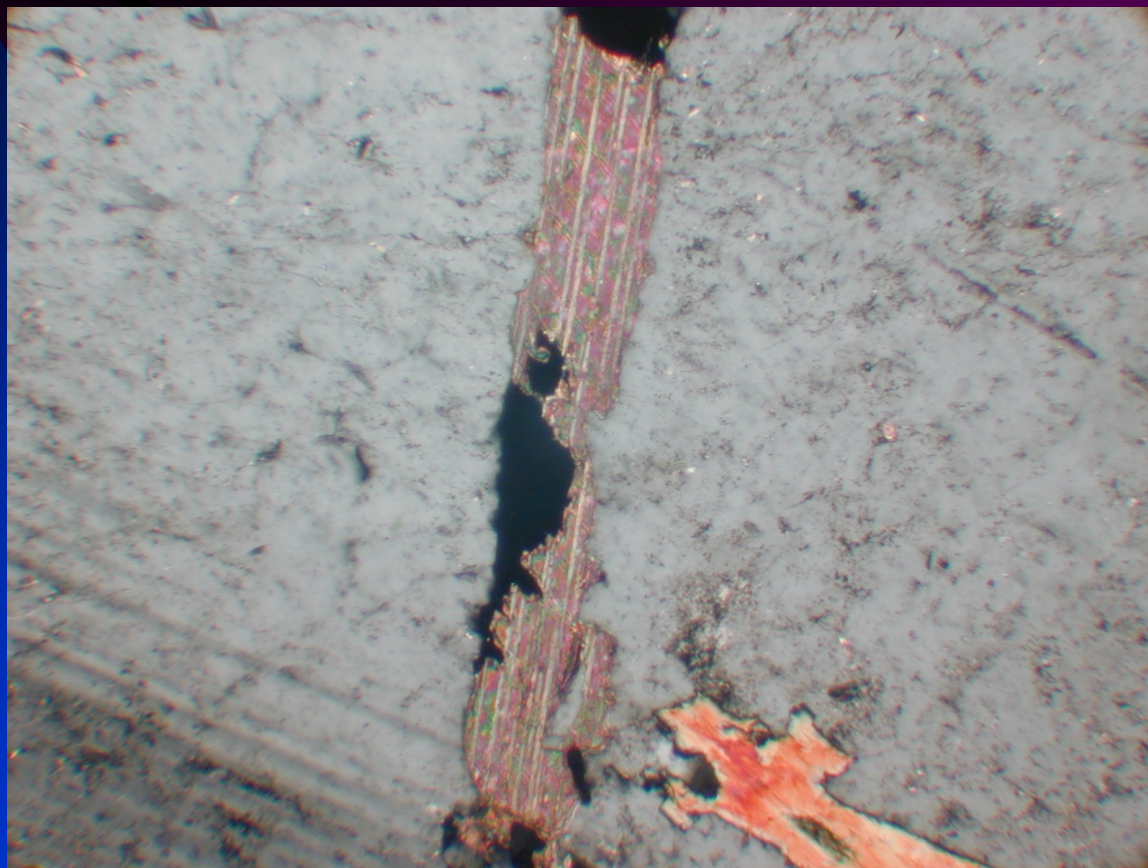


tlakové dvojčatění kalcitu; zkř. nikoly





žilka karbonátu v plagioklasu; durbachit, zkř. nikoly

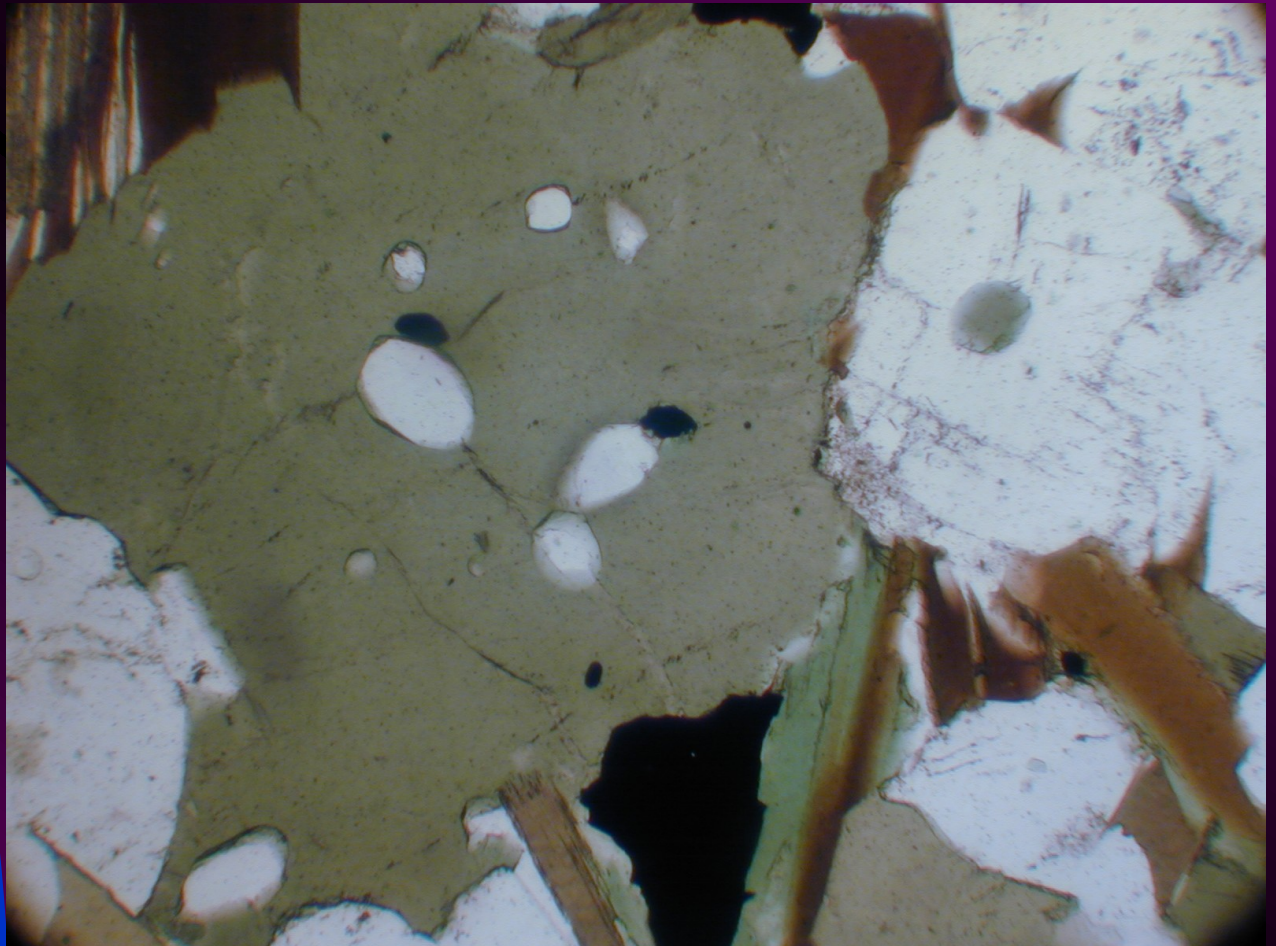




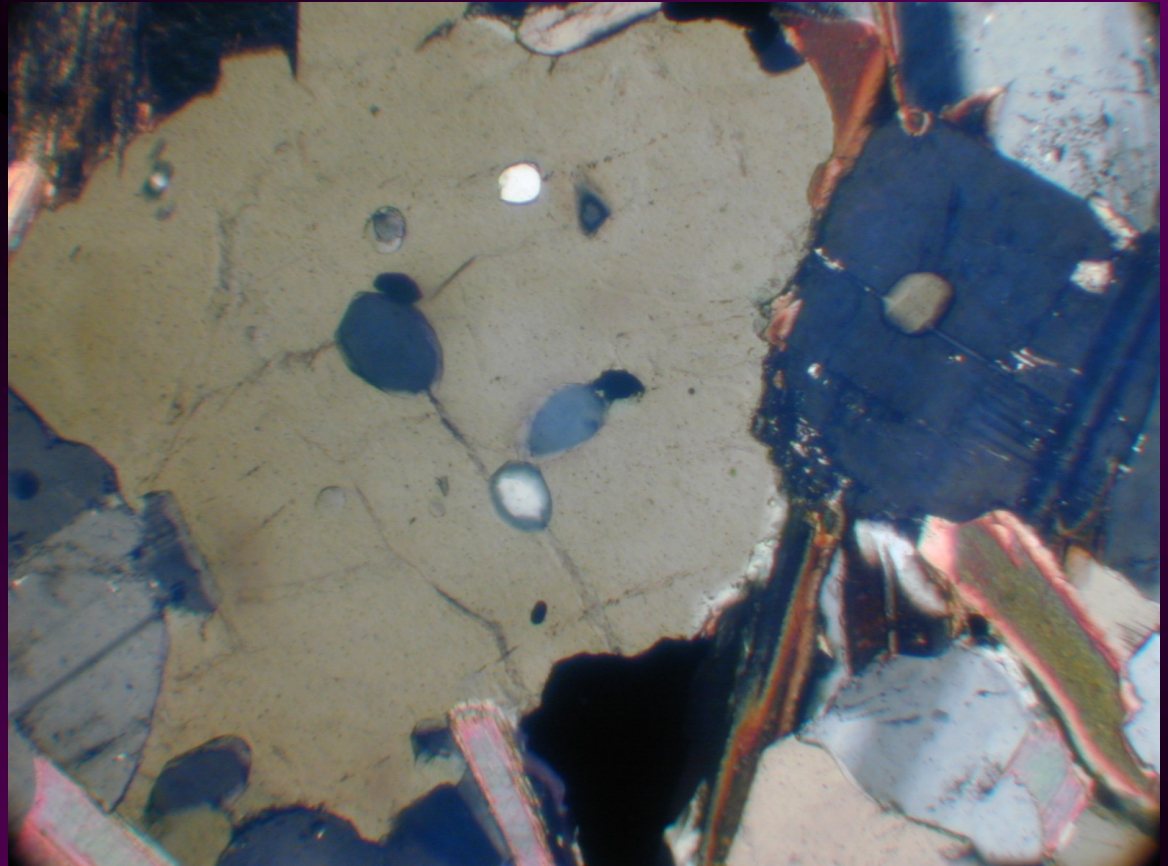
# Apatit $\text{Ca}_5 [(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})_3 (\text{PO}_4)_3]$

- 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  $2V = 0 - 20^\circ$ .
- $n(\parallel) = 1,634$ ,  $n(\perp) = 1,631$
- $D = 0,003$ , 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 nikol

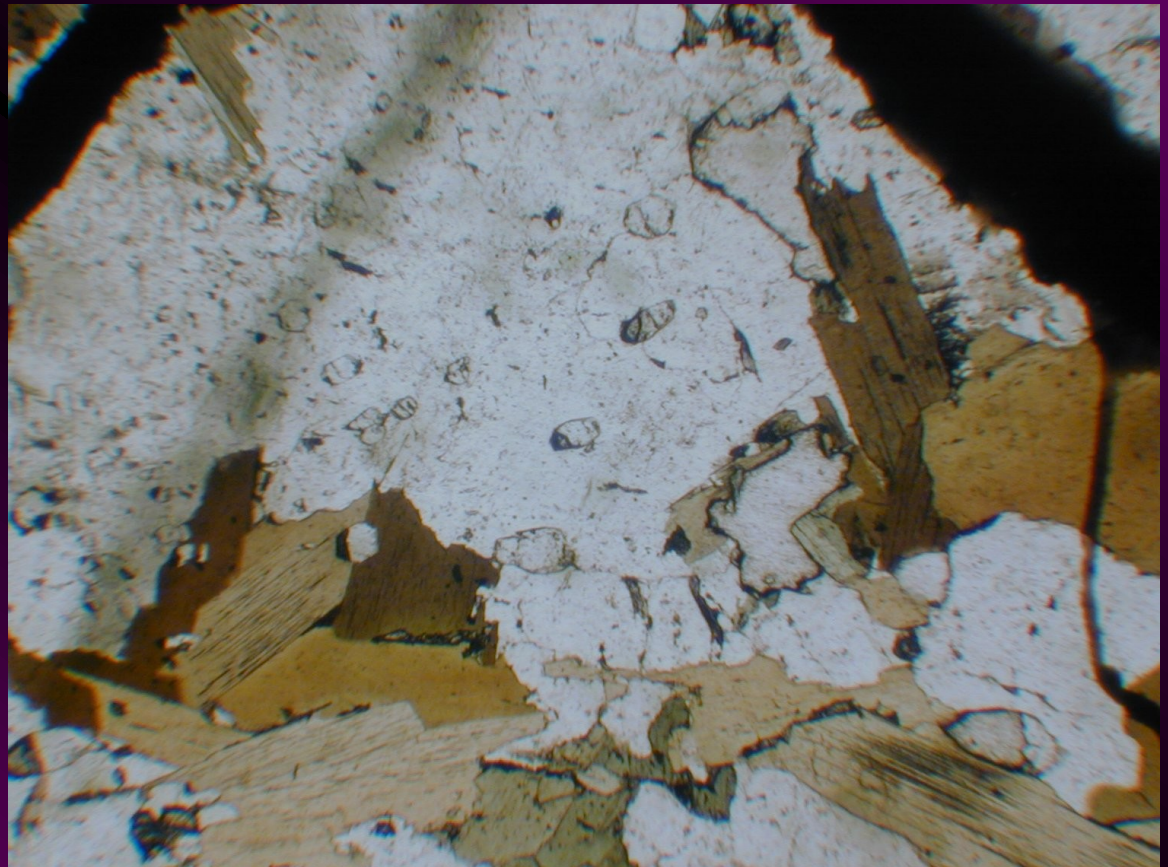


apatit v amfibolu; rula, zkř. nikoly

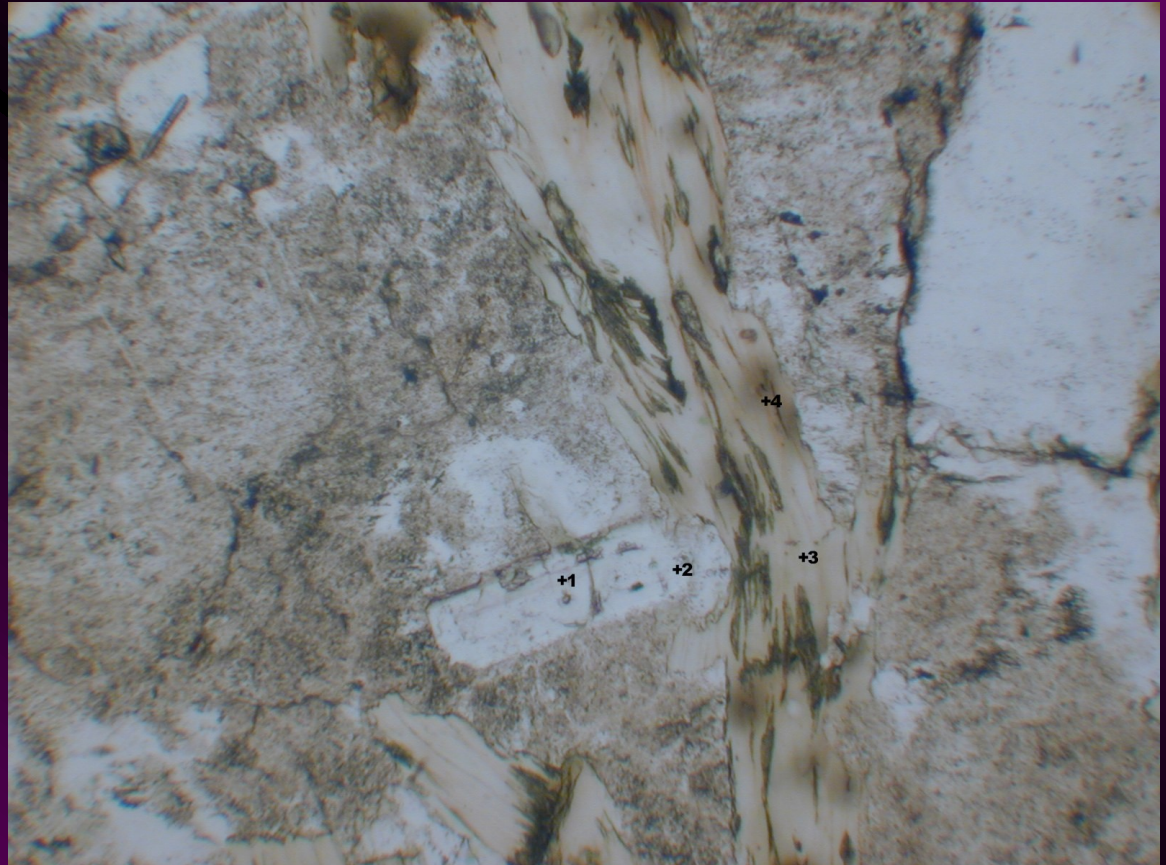




zrnka apatitu v živci, biotit; diorit, 1 nikol



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

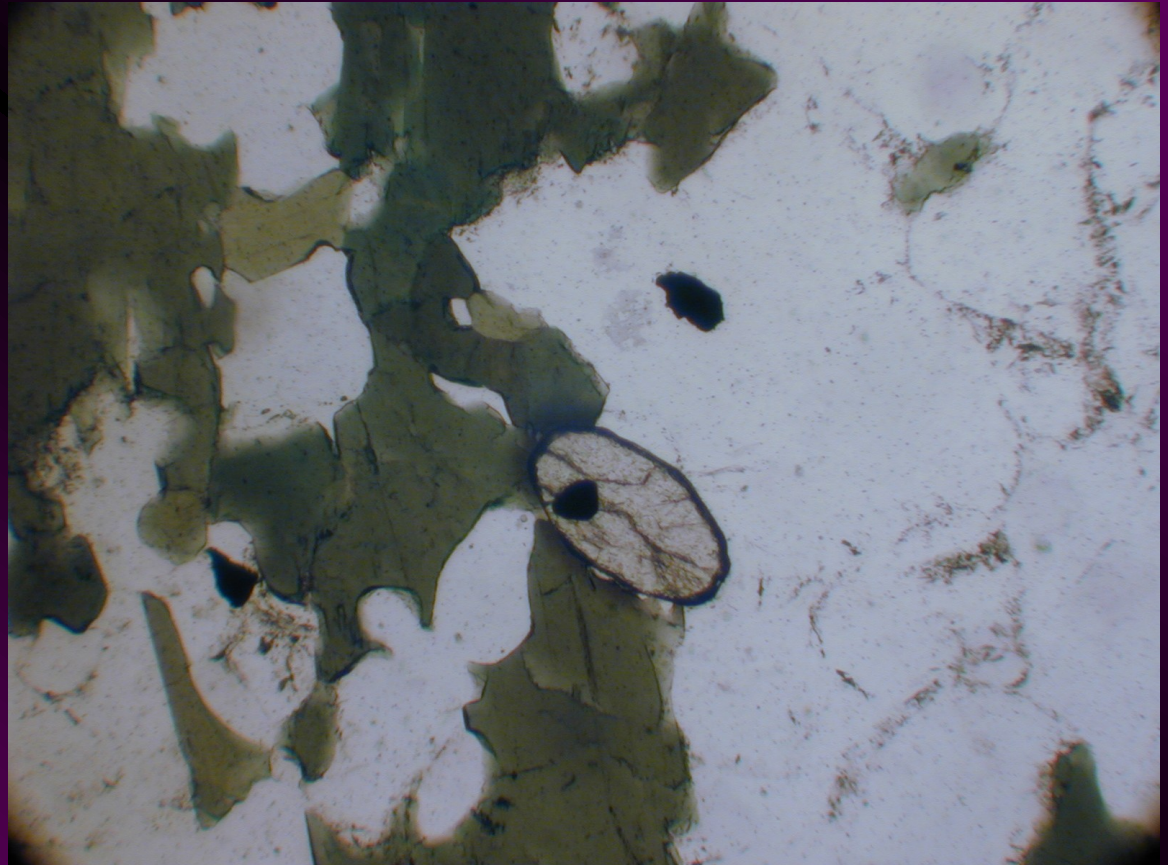


# Zirkon $ZrSiO_4$

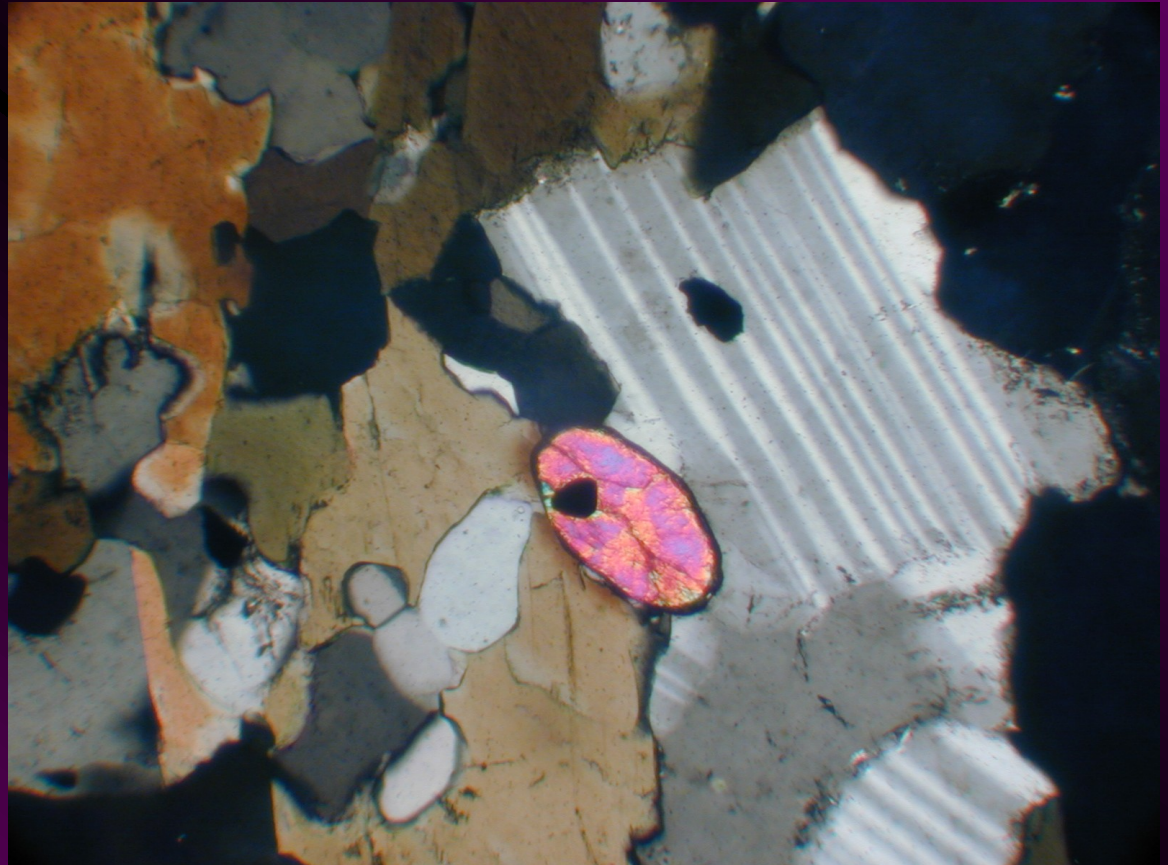
- různě dlouhé sloupečky nebo zaoblená zrna, příčné průřezy čtvercové
- bezbarvý, vzácně světle hnědý
- má velmi vysoký reliéf s tmavými okraji, drsný povrch a nápadně vysoký dvojlom. Nežádka má zonální stavbu a obsahuje inkluze magnetitu, biotitu, kasiteritu a dalších minerálů. Často je sám uzavírán v biotitu, amfibolu nebo cordieritu a mívá kolem sebe pleochroické dvůrky. Obsahuje-li U nebo Th bývá metamiktně přeměněný. Někdy je anomálně dvojosý s  $2V = 10^\circ$ .
- $n(\parallel) = 1,922 - 1,96$ ,  $n(\perp) = 1,961 - 2,015$
- $D = 0,042 - 0,065$ , 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.



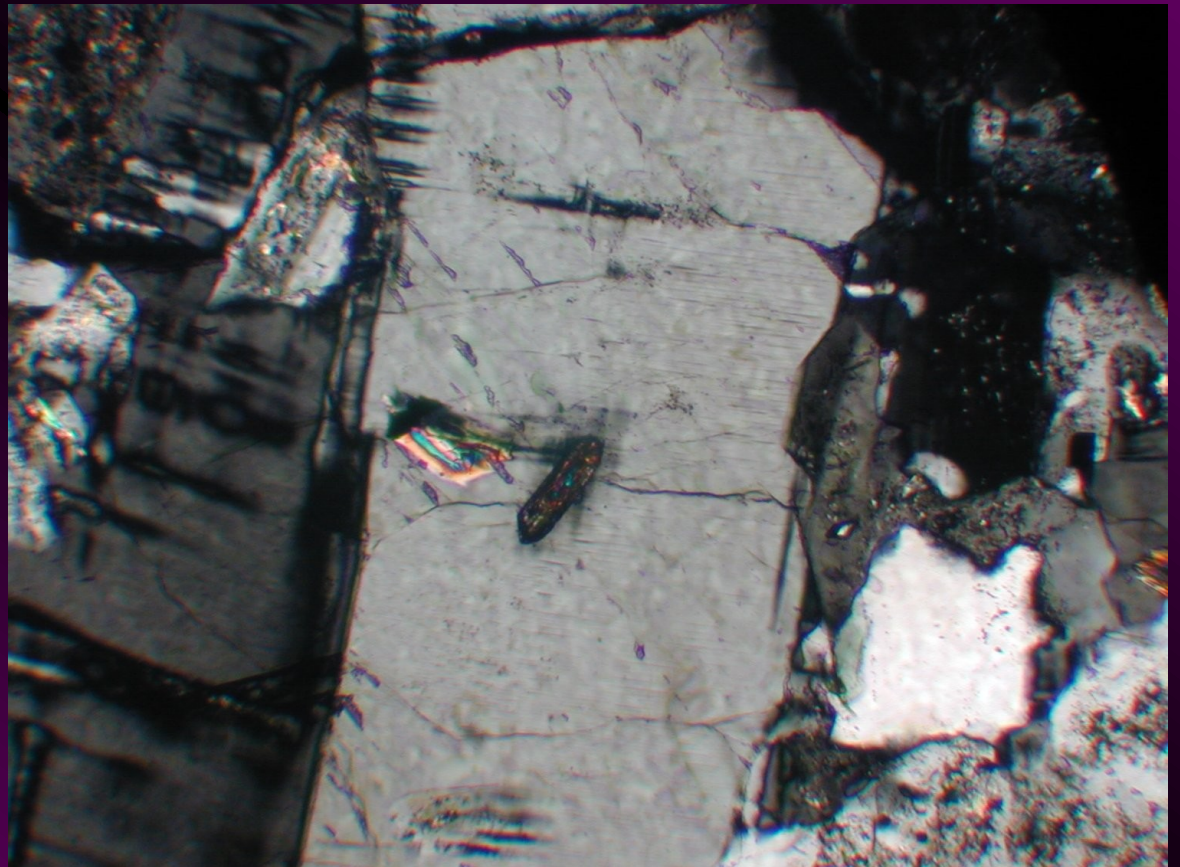
zirkon, amfibol, plagioklas; rula, 1 nikol



zirkon, amfibol, plagioklas; rula, zkř. nikoly

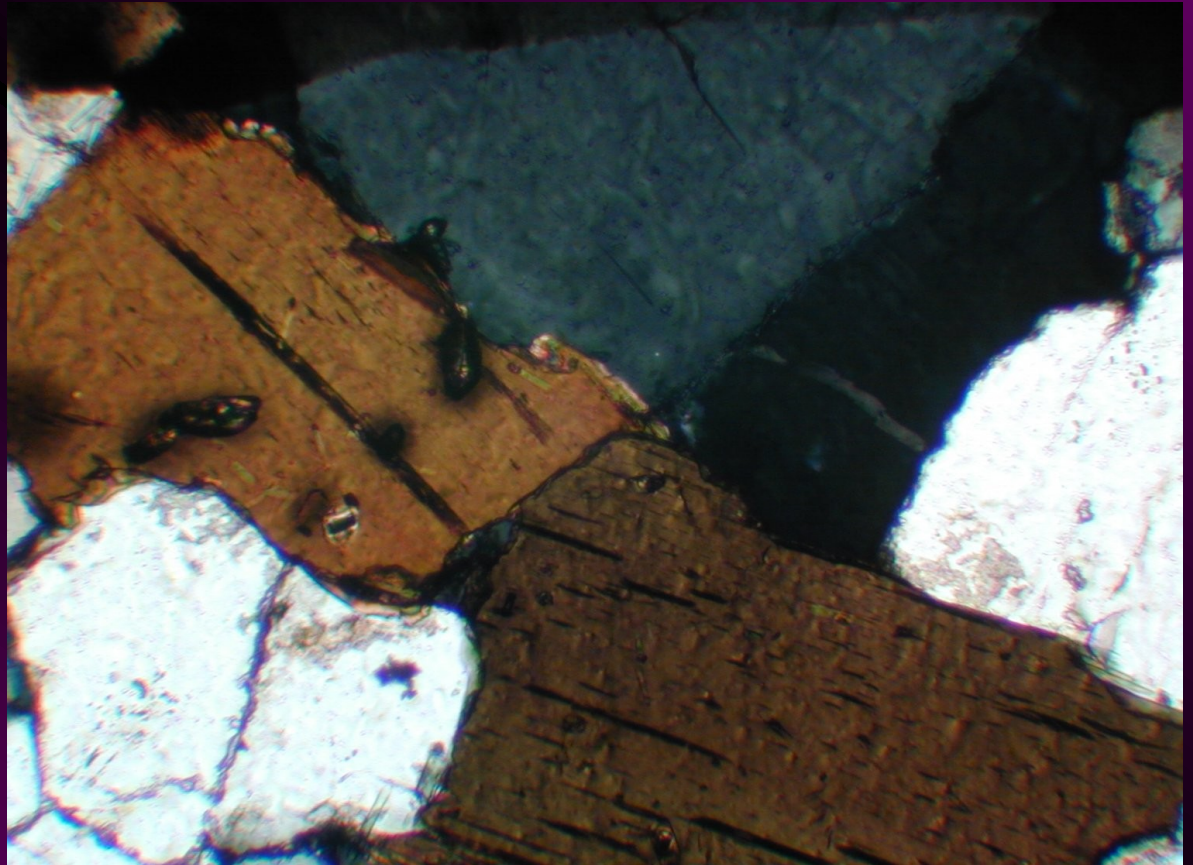


zirkon v ortoklasu; granit, zkř. nikoly





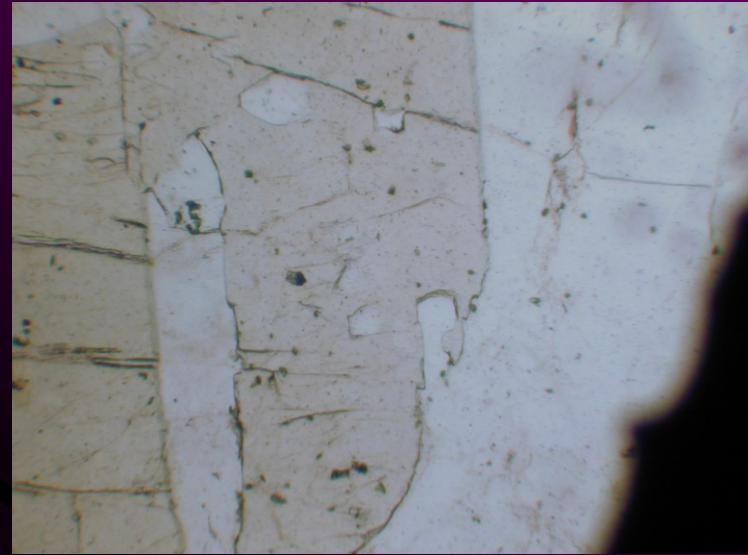
zirkon v biotitu; granit, zkř. nikoly



# Skupina turmalínu

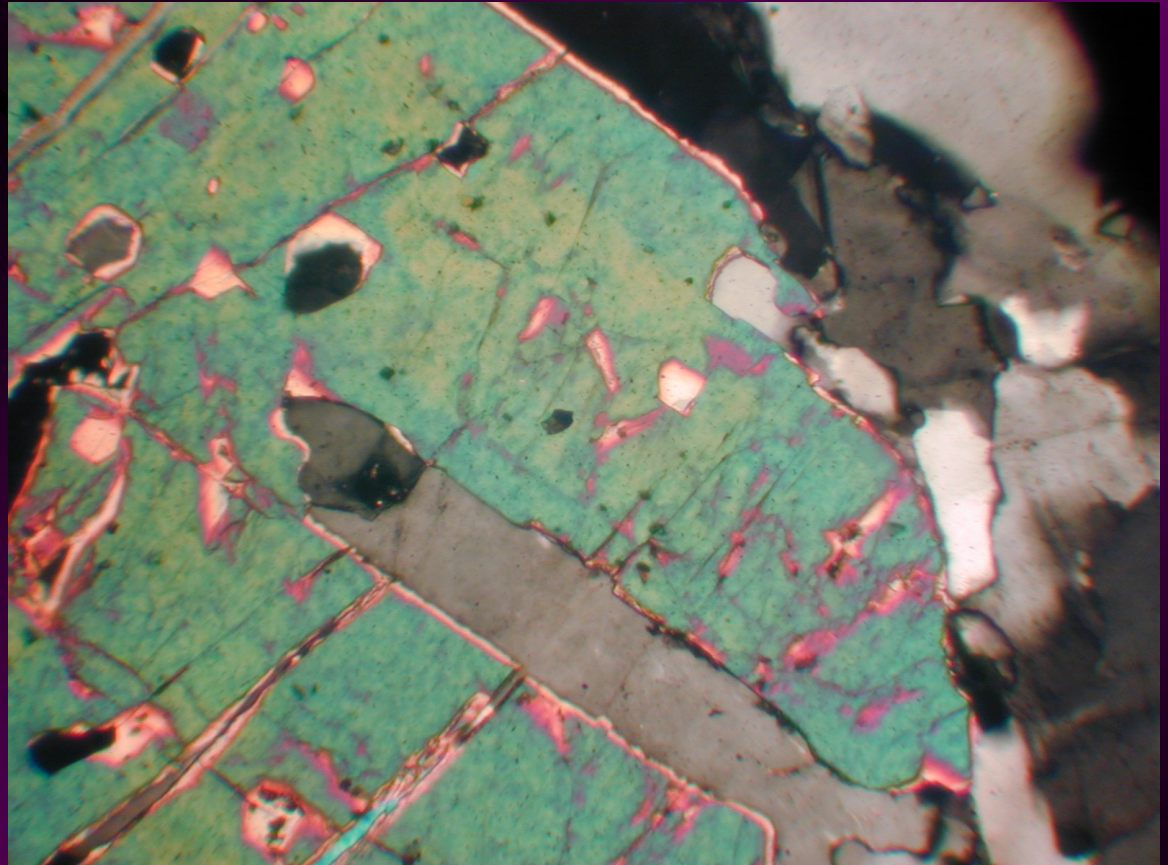
- jako horninotvorný minerál má největší význam skoryl
- krátce i dlouze sloupcovité průřezy, jehlicovitý, radiálně paprscitý, příčné průřezy zpravidla ditrigonální
- barva je velmi rozmanitá od světle žluté přes zelenou až po hnědou
- zpravidla má pozitivní reliéf, nápadným znakem je velmi silný pleochroismus, kdy absorpce ve směru řádného paprsku je větší (■) 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  $2V$ .
- $n(■) = 1,660 - 1,650$ ;  $n(■) = 1,660 - 1,671$
- $D = 0,025 - 0,035$ ; 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

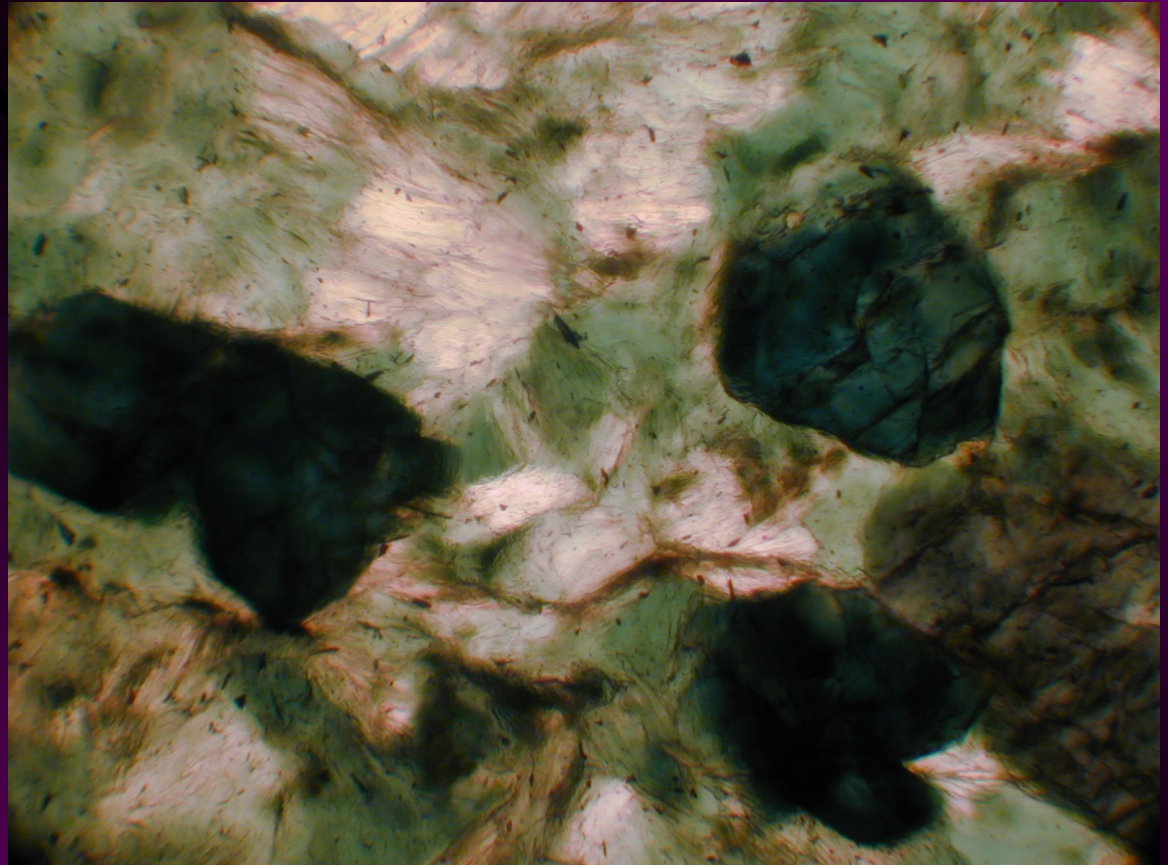




sloupcovité zrno turmalínu (interferenční barvy);  
rula, zkř. nikoly



řez turmalínu kolmo k ose c, chlorit; 1 nikol





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

