

# Optické vlastnosti horninotvorných minerálů IV

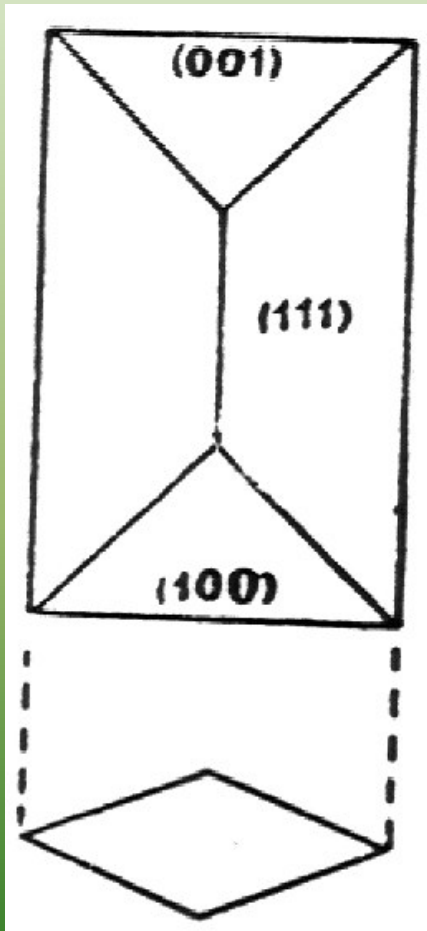
Pro studenty přednášek Mineralogie I a Mikroskopie minerálů a hornin

sestavil Václav Vávra

# Obsah prezentace

➤ titanit	3
➤ karbonáty	11
➤ epidot	18
➤ klinozoisit	27
➤ zoisit	30
➤ allanit	34
➤ skupina chloritu	41
➤ serpentinová skupina	48
➤ glaukonit	54

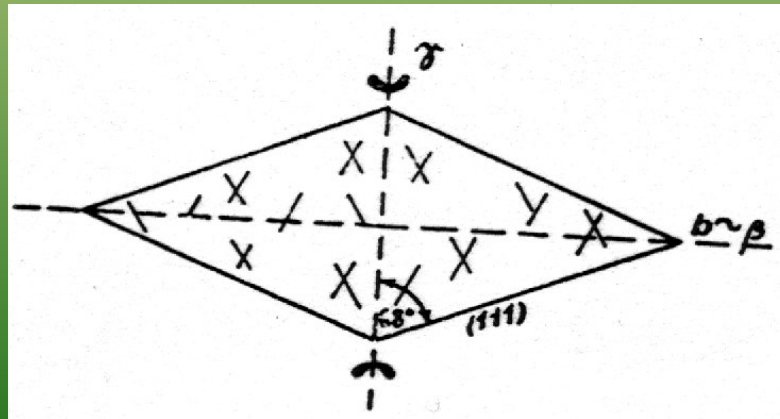
# Titanit



- krystaly zpravidla klínovitě čočkovité nebo psaníčkovité, zrnité agregáty, tvoří i povlaky na puklinách
- velmi často tvoří automorfně omezená zrna kosočtvercového průřezu
- barva hnědá, zelená nebo černá, lesk diamantový nebo mastný
- ve výbruse bezbarvý, zelenavý nebo hnědavý, někdy se zřetelným pleochroismem podle  $\alpha$  bezbarvý,  $\beta$  světle žlutý, světle zelený a podle  $\gamma$  červenohnědý
- má velmi vysoké indexy lomu a velmi vysoký dvojlom, při zkřížených nikolech se při zasunutí sádrovcové destičky interferenční barva již nezmění

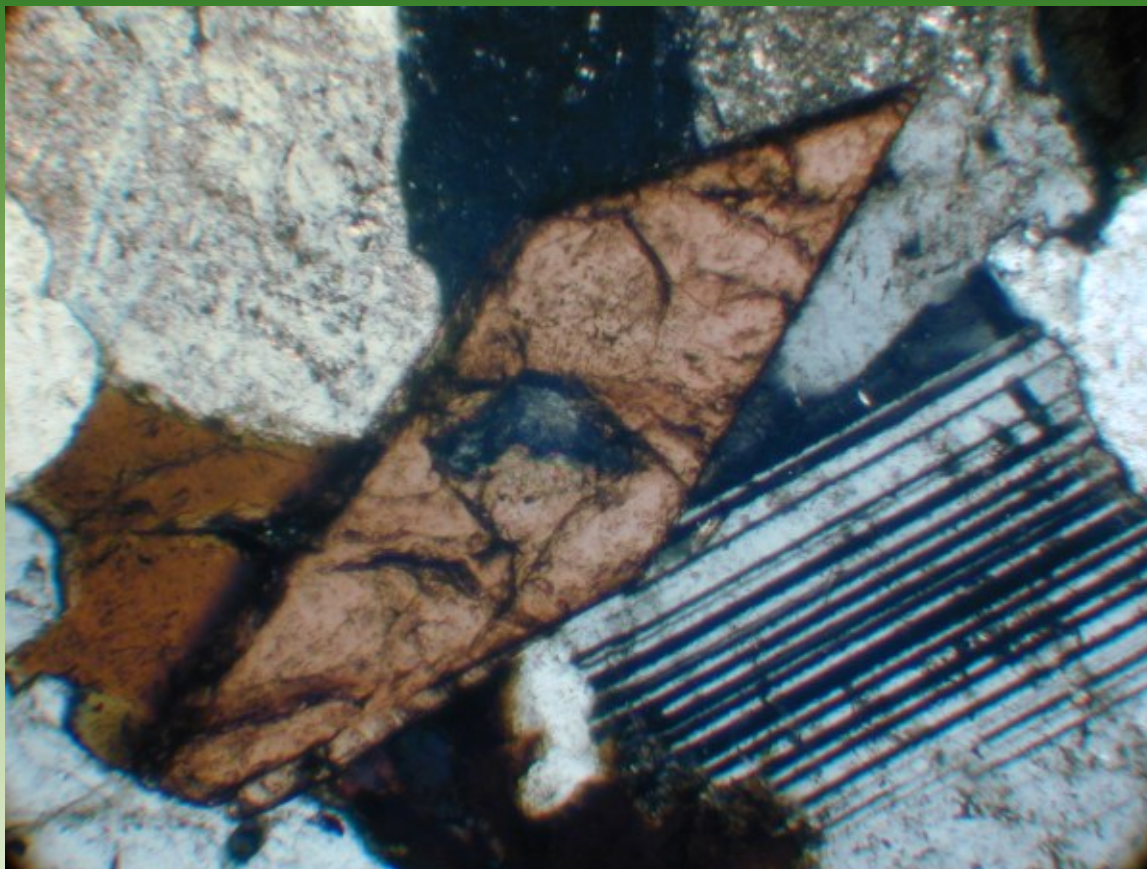
# Titanit

- $n_{\alpha} = 1,843 - 1,950$
- $n_{\beta} = 1,870 - 2,034$
- $n_{\gamma} = 1,943 - 2,110$
- $D = 0,100 - 0,192$
- Ro odpovídá (010),  $\gamma = \beta$ .  $2V_{\gamma} = 20^{\circ} - 56^{\circ}$ , zhášení šikmé  $\gamma/c = 36^{\circ} - 51^{\circ}$
- štěpnost dobrá (110), dvojčatění podle (100)
- může se měnit na leukoxen (směs Ti a Fe minerálů)
- je běžnou akcesorií v kyselých a intermediálních plutonických horninách (granity a granodiority), méně častý ve vulkanických ekvivalentech. Typický je pro pegmatity nebo alpskou paragenezi. Běžný je i v metamorfovaných horninách (ruly, amfibolity).
- minerální parageneze: amfibol, plagioklas, apatit



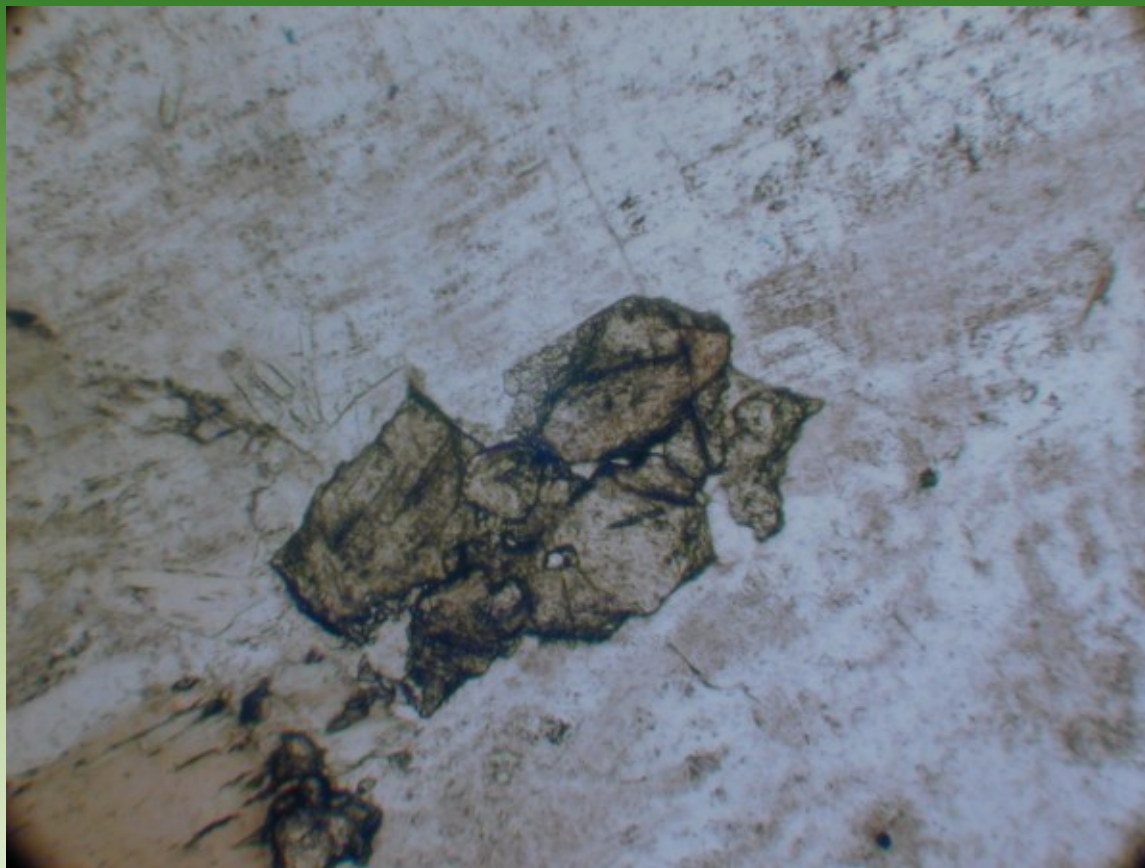


automorfní zrno titanitu (vysoký reliéf), okolí tvoří sericitizované plagioklasy, amfibolit; PPL



automorfní zrno titanitu, vysoký dvojlom ovlivněný vlastní  
barvou, v okolí zonální a polysynteticky zdvojitělé plagioklasy;  
amfibolit, XPL



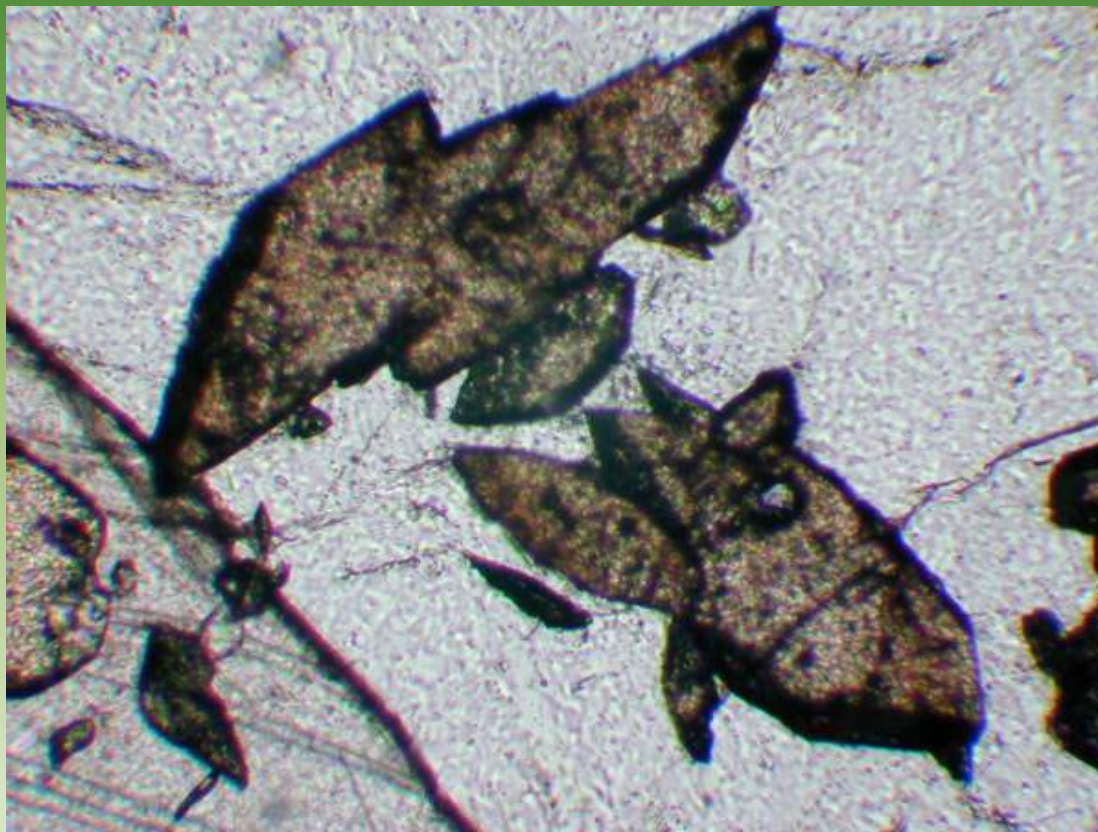


nepravidelné zrno titanitu v plagioklasu, biotit; syenit, PPL



nepravidelné zrno titanitu v plagioklasu, biotit; syenit, XPL





automorfně omezená zrna titanitu, pyroxen, karbonát; skarn;  
Mirošov, PPL



automorfně omezená zrna titanitu, pyroxen, karbonát; skarn;  
Mirošov, XPL

# Karbonáty

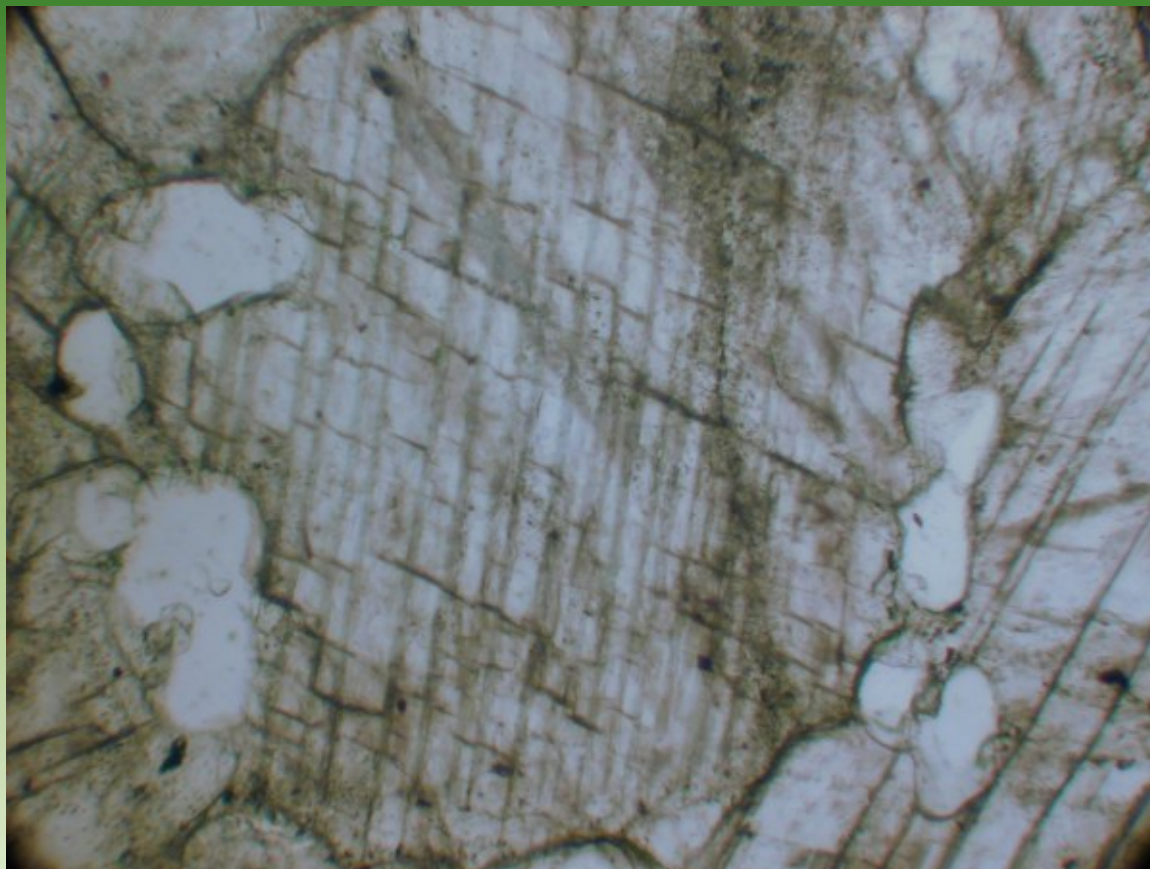
Karbonáty řady kalcitu a dolomitu (kalcit, rodochrozit, siderit, dolomit, ankerit) mají základní optické charakteristiky velmi podobné. Podle složení se mění barva nebo indexy lomu. K rozlišení jednotlivých minerálů v této skupině je třeba některých speciálních metod. Nejběžnějším karbonátem je kalcit, pro který platí následující údaje.

- zpravidla tvoří xenomorfní zrna, oolity, vláknité agregáty nebo má formu fosilních zbytků
- barva ve výbruse: 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.
- $n(\epsilon) = 1,486$
- $n(\omega) = 1,658$
- $D = 0,172$ , Chm-
- vysoký dvojlom způsobuje vznik bělavých interferenčních barev, které se při zasunutí sádrovcové destičky nemění.

# Karbonáty

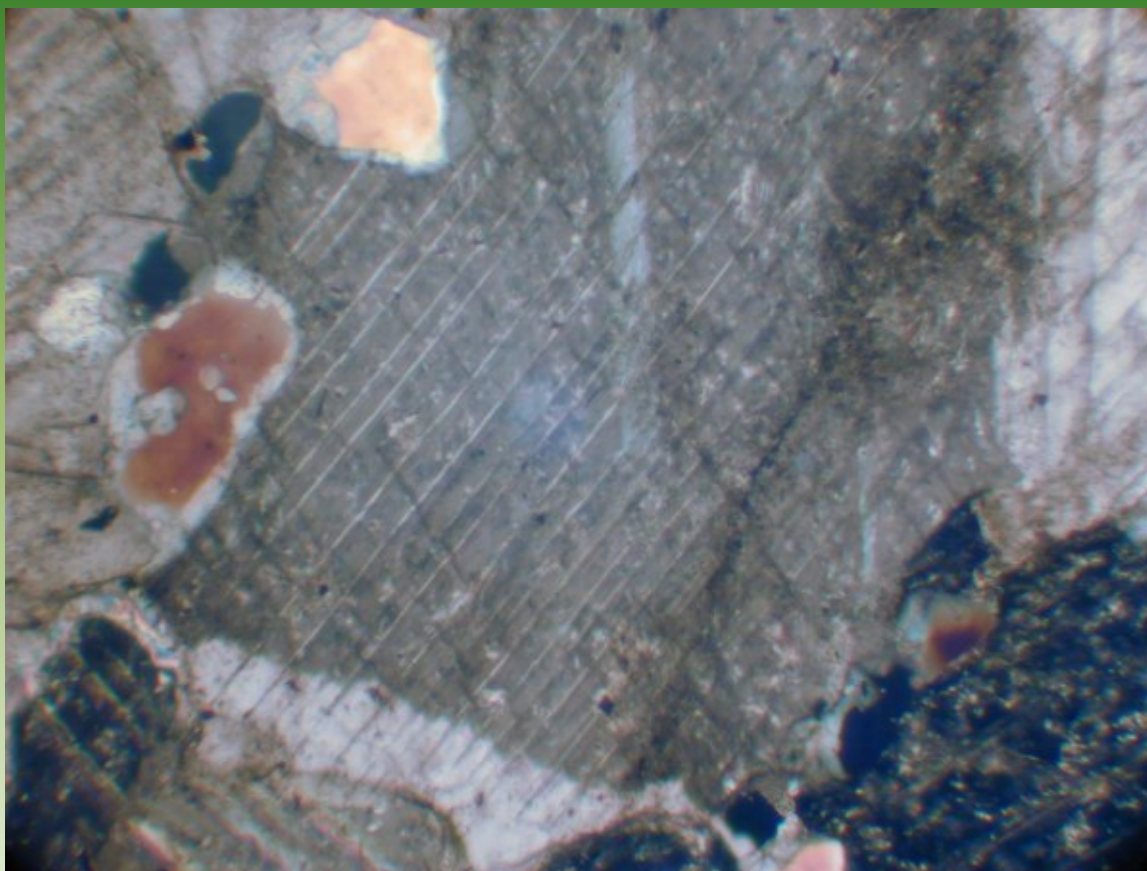
- štěpnost je dokonalá podle klence (10-11)
- dvojčatění může být různé: podle báze (0001), podle základního klence (10-11), podle nižšího záporného klence (01-12), podle záporného klence (02-21), případně tlakové dvojčatění
- vůči změnám tlaku a teploty je poměrně odolný, během zvětrávání se velmi snadno rozpouští
- v magmatických horninách se primárně vyskytuje pouze v alkalických typech (karbonatity), běžný je na hydrotermálních žilách nebo jako druhotná 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 bezbarvého kalcitu, zrna křemene; PPL





dvojlom kalcitu, zrna křemene; XPL



tlakové dvojčatění kalcitu; PPL



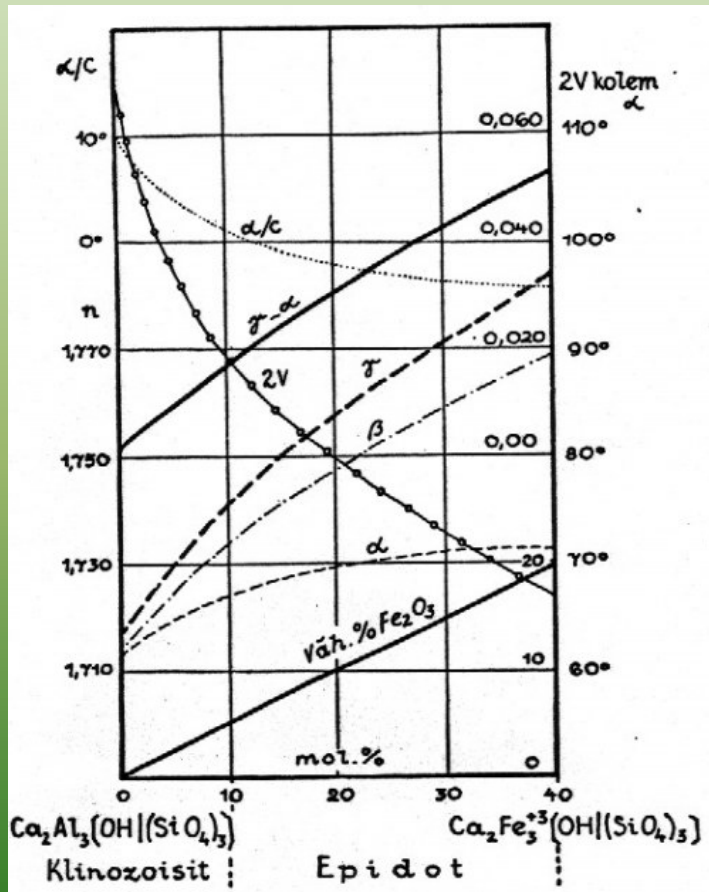
tlakové dvojčatění kalcitu; XPL





žilka karbonátu v plagioklasu; durbachit, XPL

# Skupina epidotu

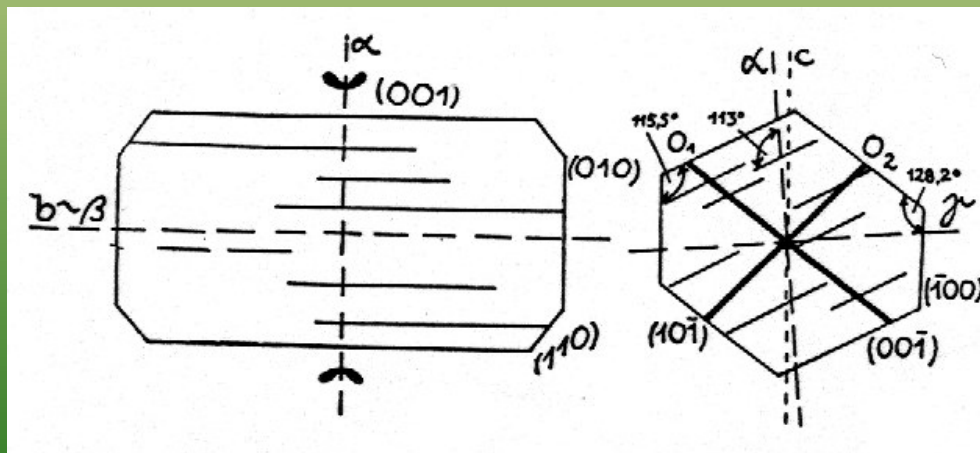


- do skupiny spadá izomorfní řada epidot - klinzoisit a podle složení se mění i většina optických vlastností. Dalším členem skupiny je rombický zoisit, chemicky totožný s klinotoisitem.
- klinzoisit a zoisit jsou šedé, epidot je světle až tmavě zelený
- tvoří nepravidelná zrna, sloupcovité krystaly nebo radiálně paprscité agregáty



# Epidot

- ve výbruse bývá žlutý až žlutozelený se slabým pleochroismem ( $\alpha$  - bezbarvý, žlutý;  $\beta$  - žlutavě zelený;  $\gamma$  zelený). Nápadný je výrazný reliéf a dokonalá štěpnost (001).
- $n_\alpha = 1,72 - 1,73$
- $n_\beta = 1,73 - 1,77$
- $n_\gamma = 1,74 - 1,78$
- $D = 0,020 - 0,050$
- $R_o$  rovnoběžná s (010),  $\alpha/z = 0^\circ - 5^\circ$ ,  $2V = 70^\circ - 90^\circ$ , Chm-, Chz + i -

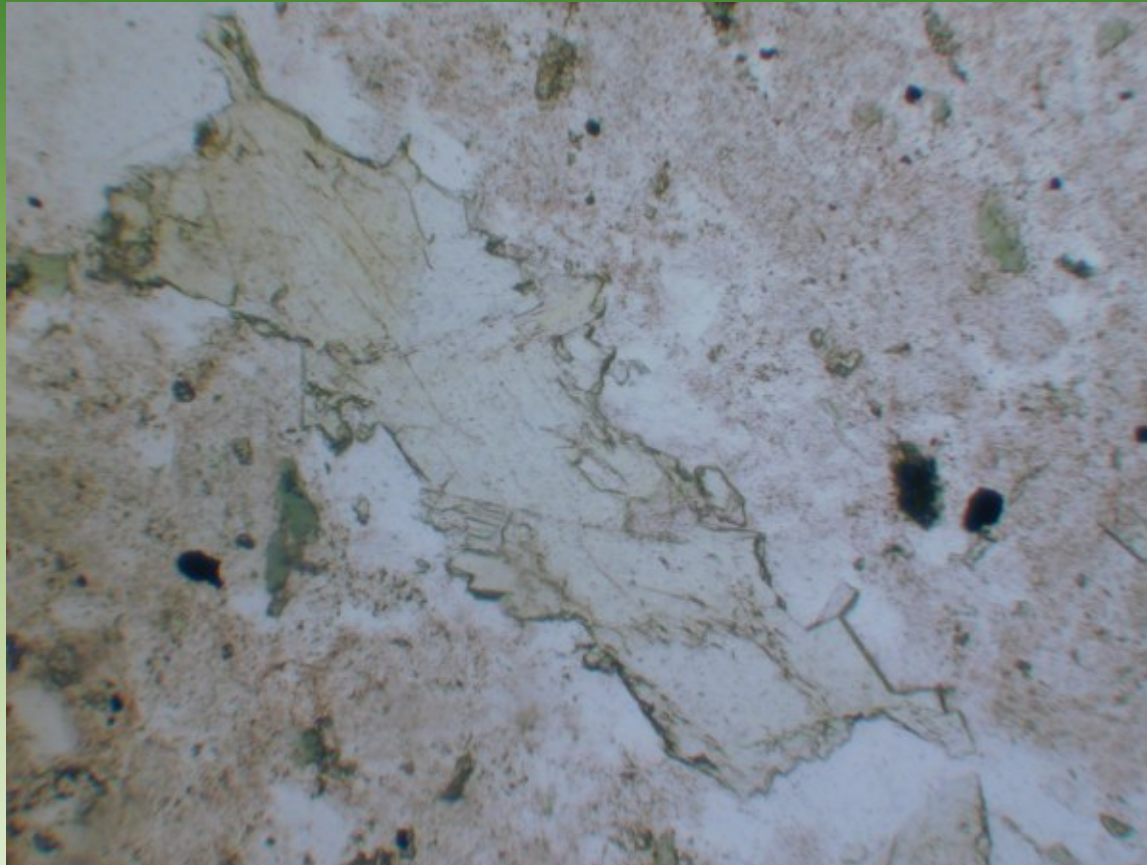


řez (100)

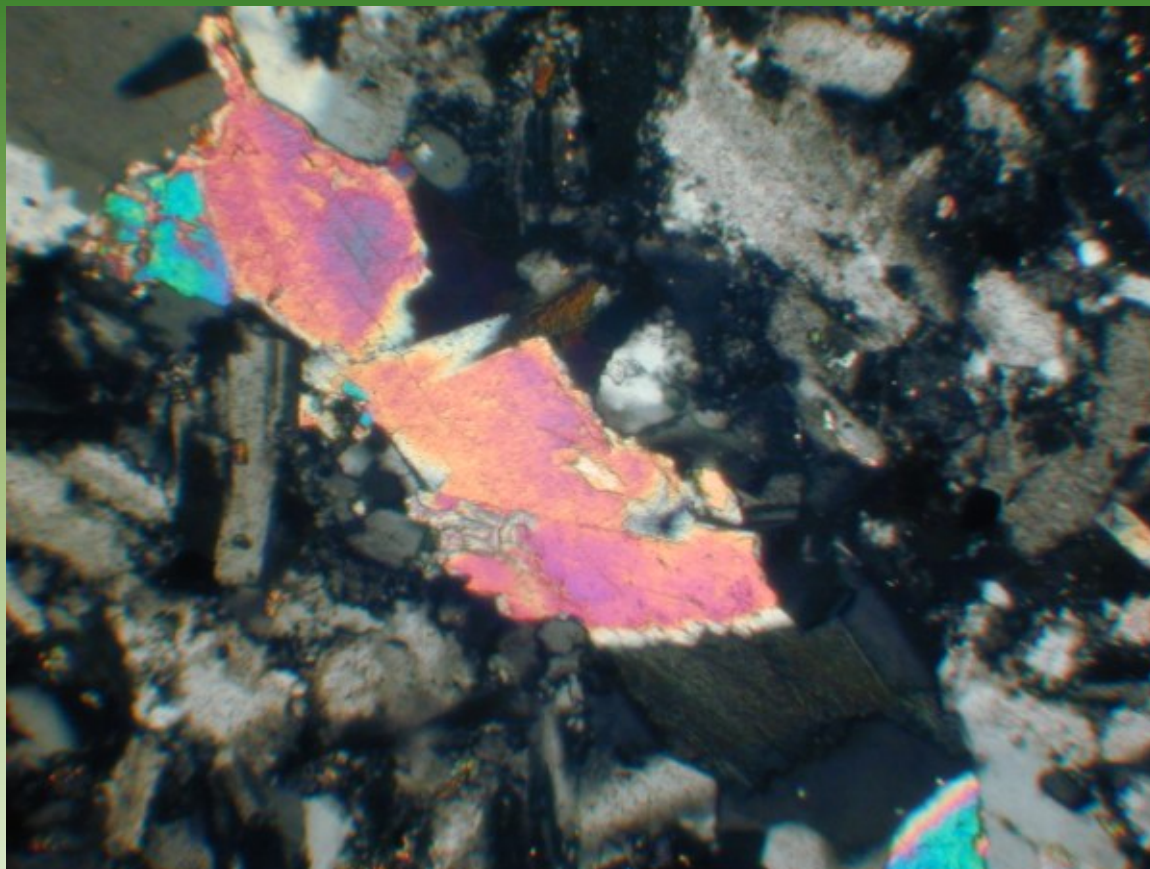
řez (010)

# Epidot

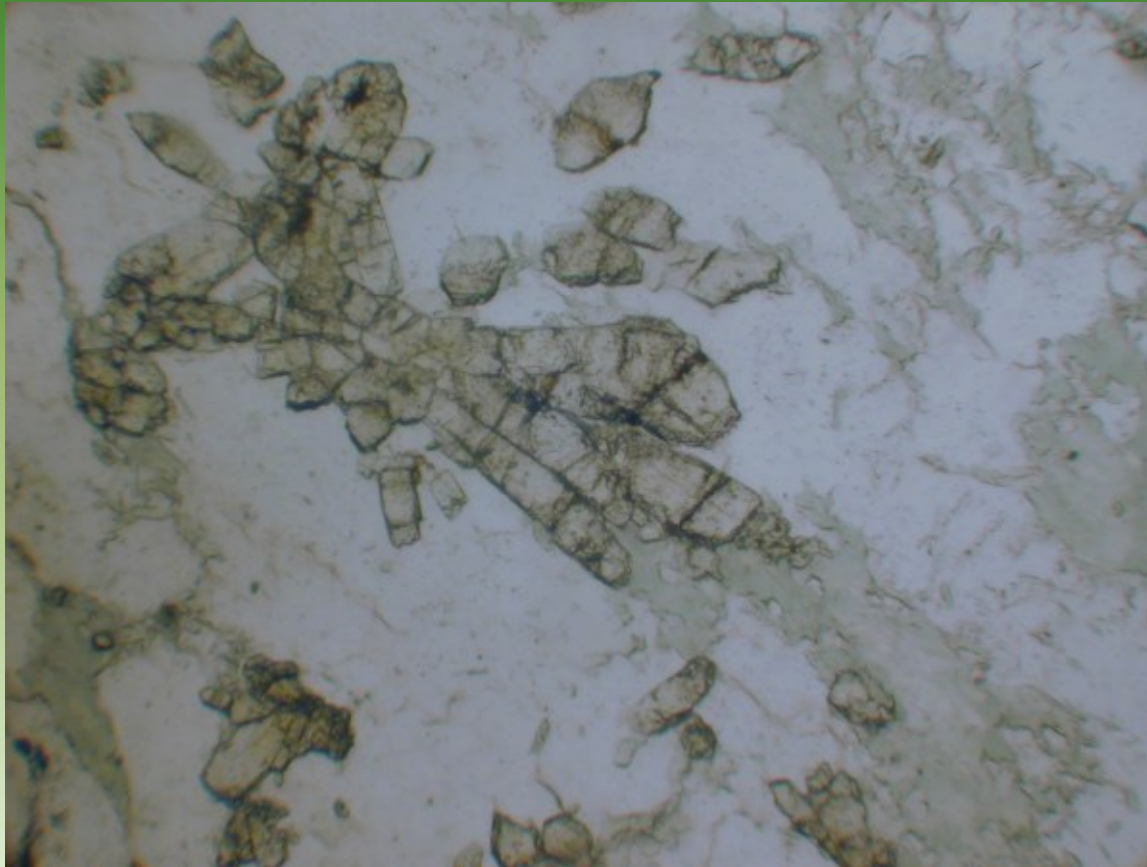
- řezy proložené osou  $y$  zháší vzhledem k štěpným trhlinám rovnoběžně, řezy kolmé k ose  $y$  zháší vzhledem k štěpnosti šikmo ( $25^\circ - 30^\circ$ )
- je běžným minerálem metamorfovaných hornin (zelené břidlice, amfibolity) a častý je i v kontaktně metamorfovaných horninách (skarny, erlány). V magmatických horninách je zpravidla druhotný, jako produkt přeměny plagioklasů (saussuritizace).
- paragenese: zoisit, klinozoisit, amfibol, kalcit



sloupcovité zrno epidotu s podélnou štěpností (001) ; diorit, PPL

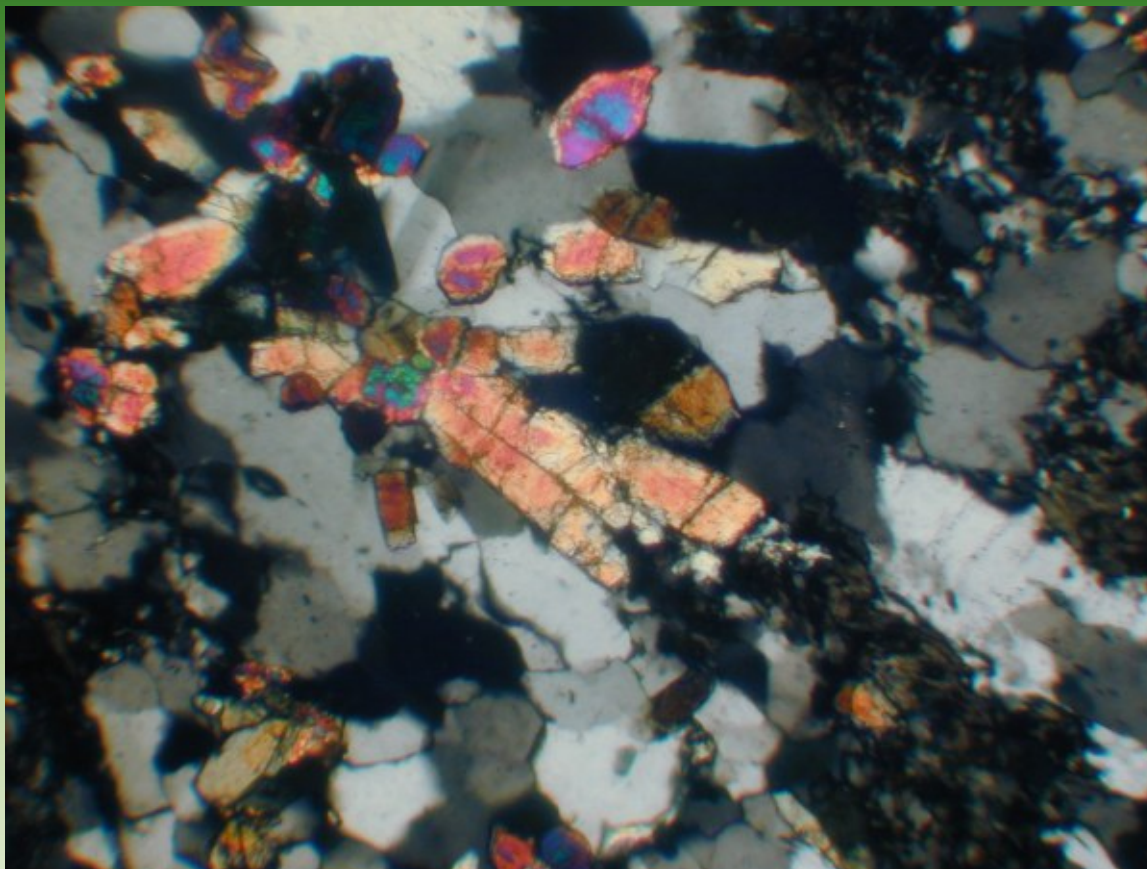


sloupcovité zrno epidotu, interferenční barvy; diorit, XPL

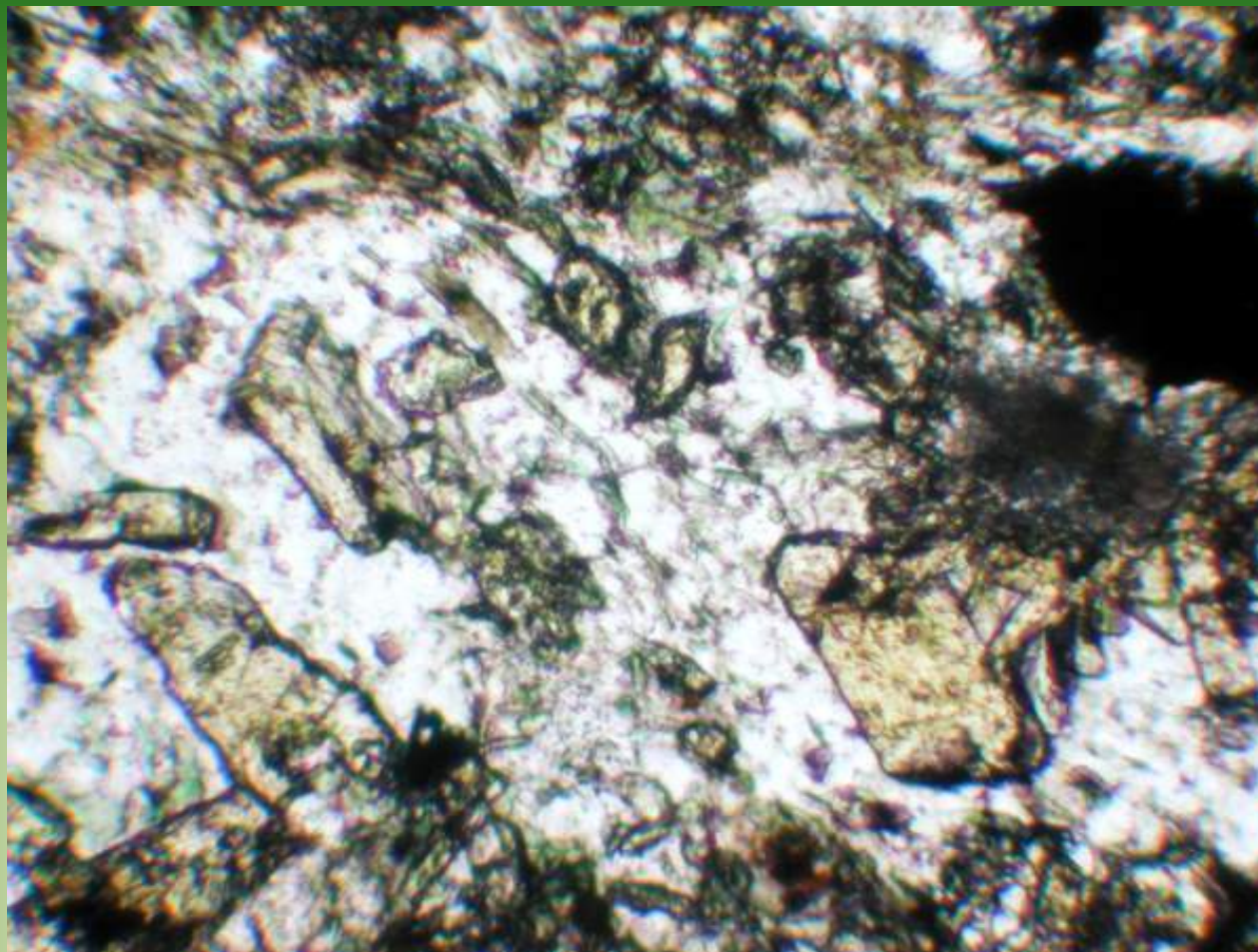


sloupcovitá zrna epidotu s příčnou odlučností, křemen, chlorit,  
PPL



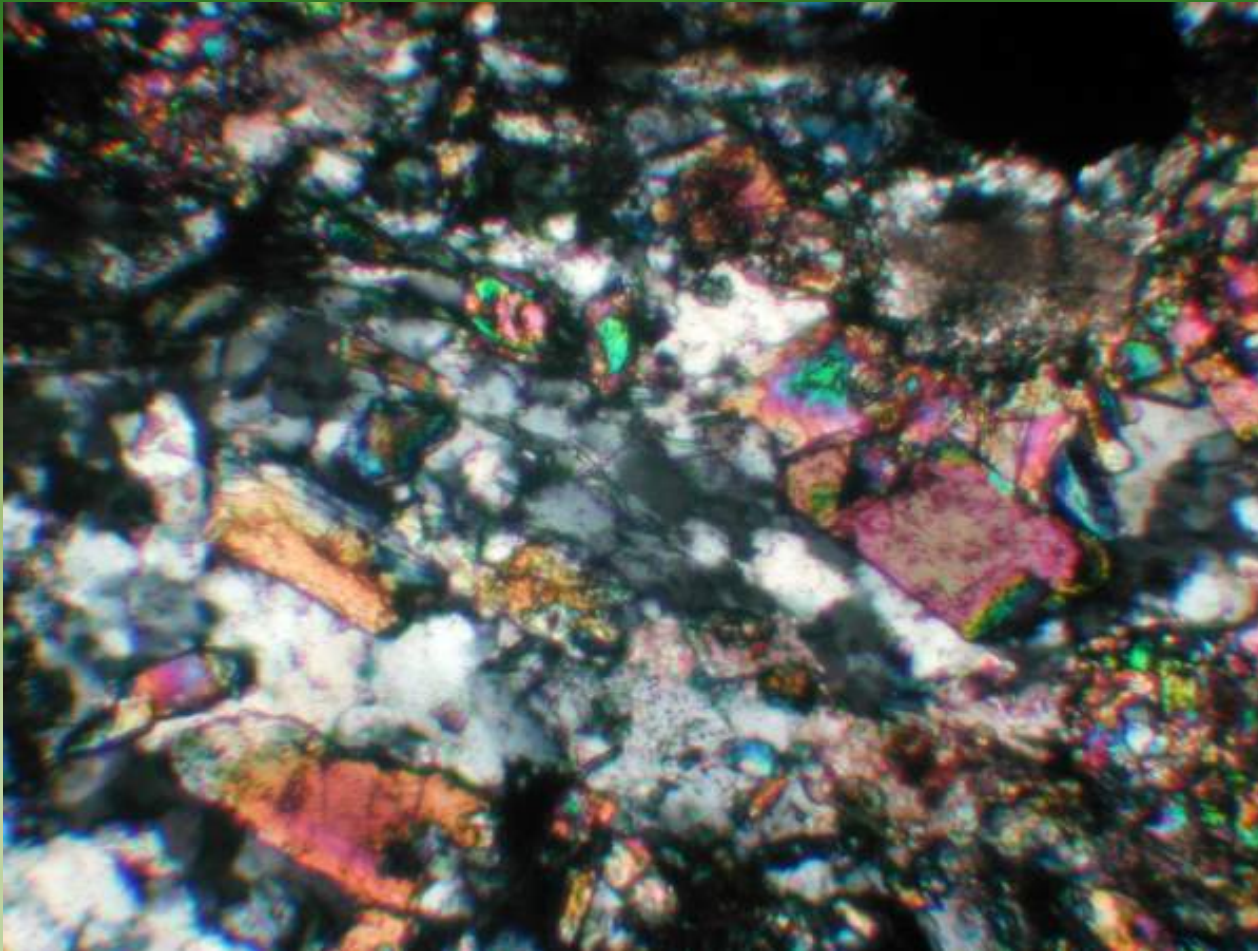


sloupcovitá zrna epidotu v chloritu a křemeni; XPL



zrna světle zeleného epidotu, chlorit, křemen ; zelená břidlice;  
Medvědí důl, Jeseníky, PPL

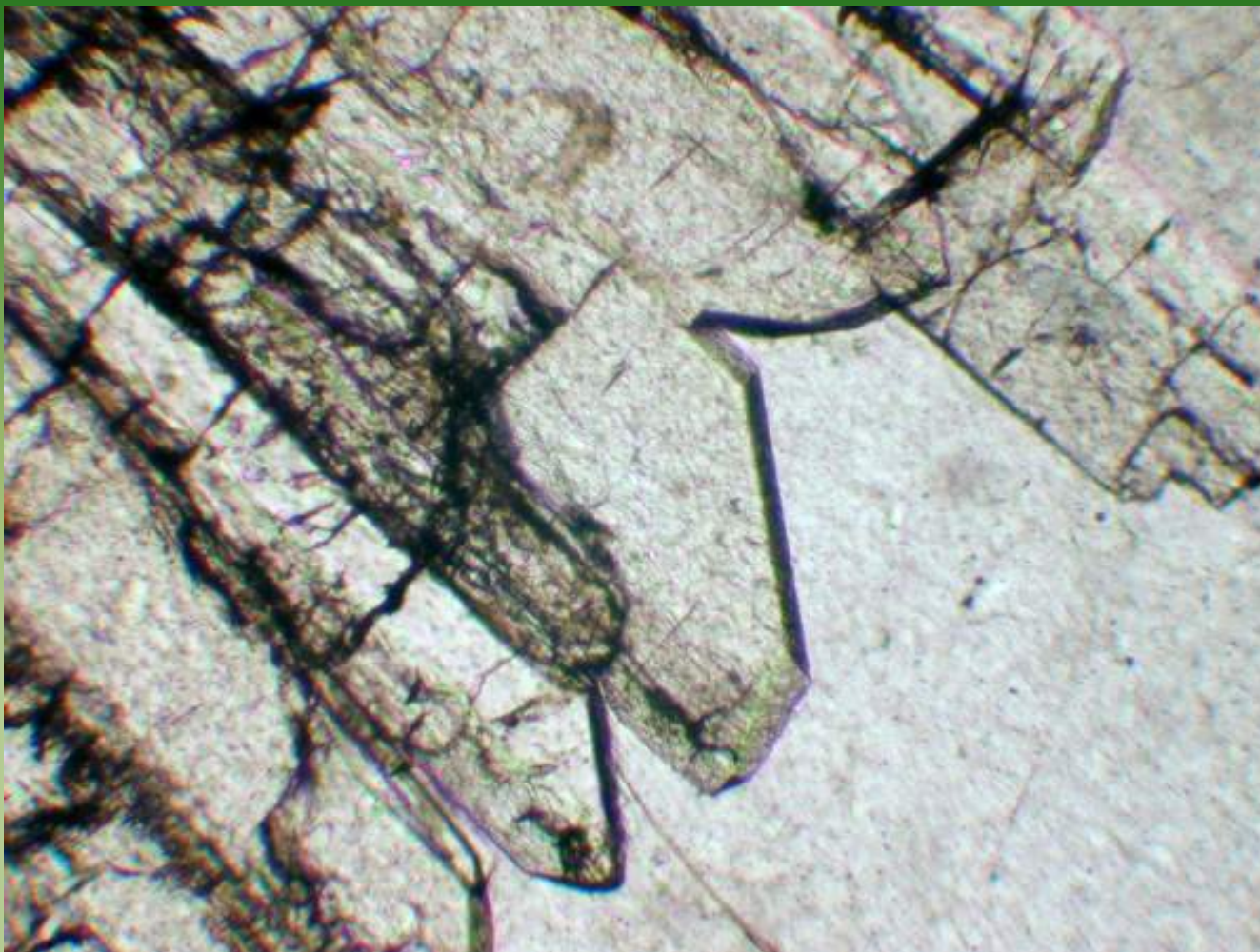




zrna epidotu – interferenční barvy, chlorit, křemen; zelená  
břidlice, Medvědí důl, Jeseníky, PPL

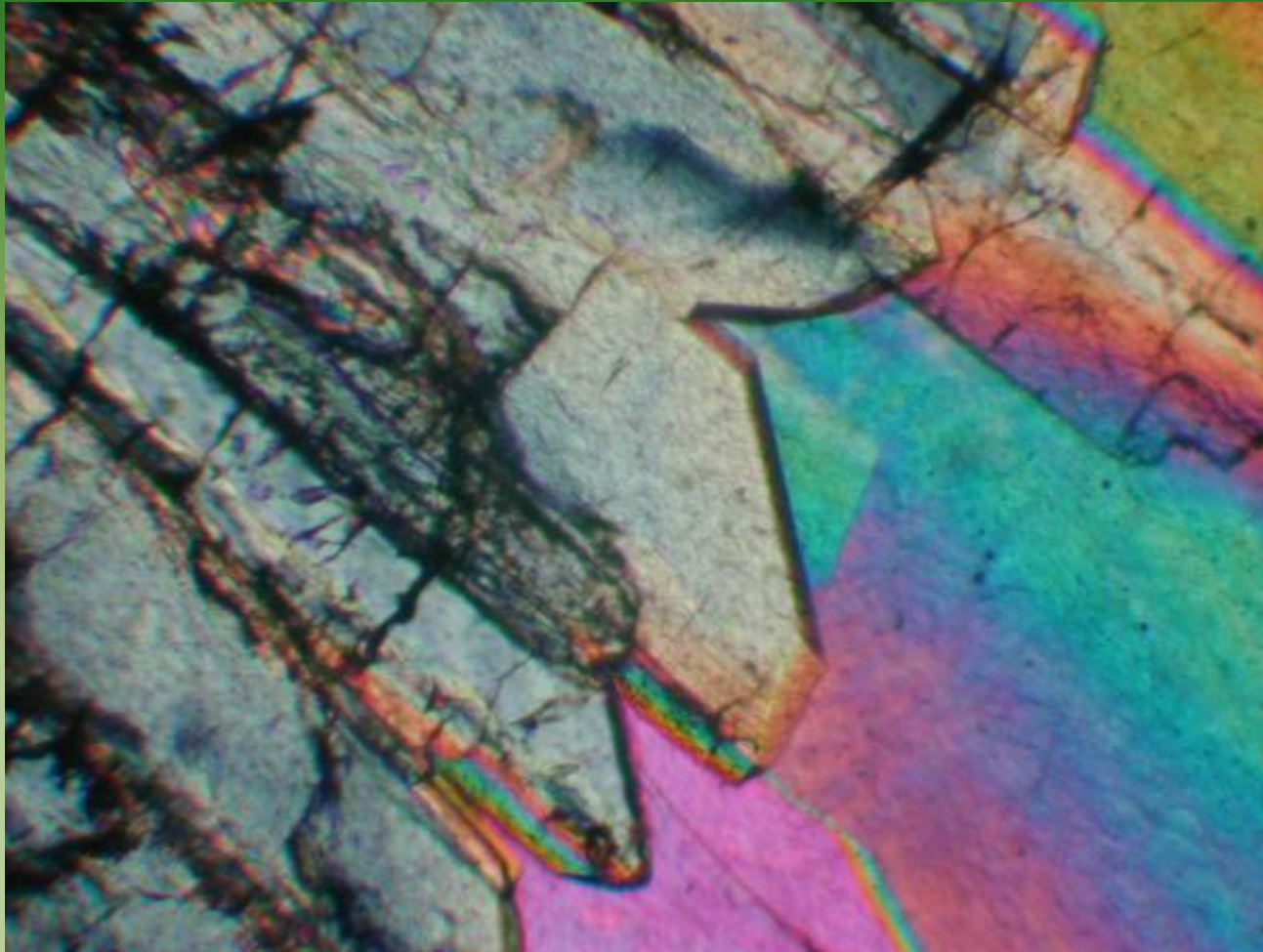
# Klinozoisit

- ve výbruse bezbarvý, neplechroický. Nápadné jsou vyšší reliéf a podélná štěpnost (001). Interferenční barvy mívají často anomálně modrý nádech, v důsledku polysyntetického lamelování mohou být příčné řezy políčkovité.
- $n_{\alpha} = 1,670 - 1,718$
- $n_{\beta} = 1,672 - 1,725$
- $n_{\gamma} = 1,690 - 1,734$
- $D = 0,016 - 0,020$
- Ro rovnoběžná s (010),  $y = \beta$ ,  $\alpha/z = 2^{\circ} - 12^{\circ}$ ,  $\gamma$  svírá se štěpností (001) úhel  $14^{\circ}$  až  $24^{\circ}$
- $2V = 70^{\circ} - 90^{\circ}$ , Chm-, Chz + i –
- vyskytuje se v obdobných minerálních paragenezích jako epidot



krystaly klinozoisitu v prehnitu, protažené podle osy y; alpská paragneze, Mirošov, PPL

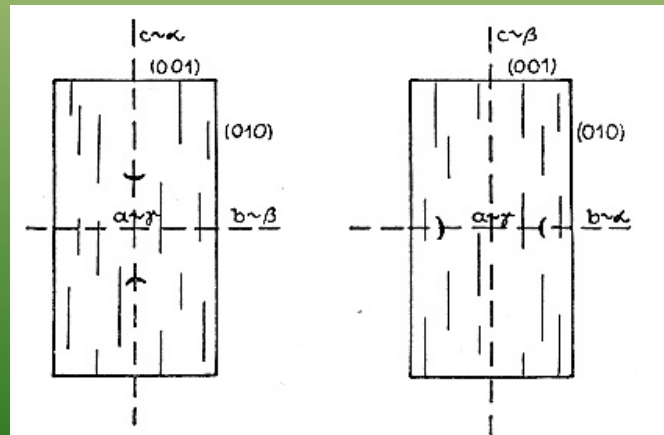




krystaly klinozoisitu v prehnitu, protažené podle osy y; alpská paragneze, Mirošov, XPL

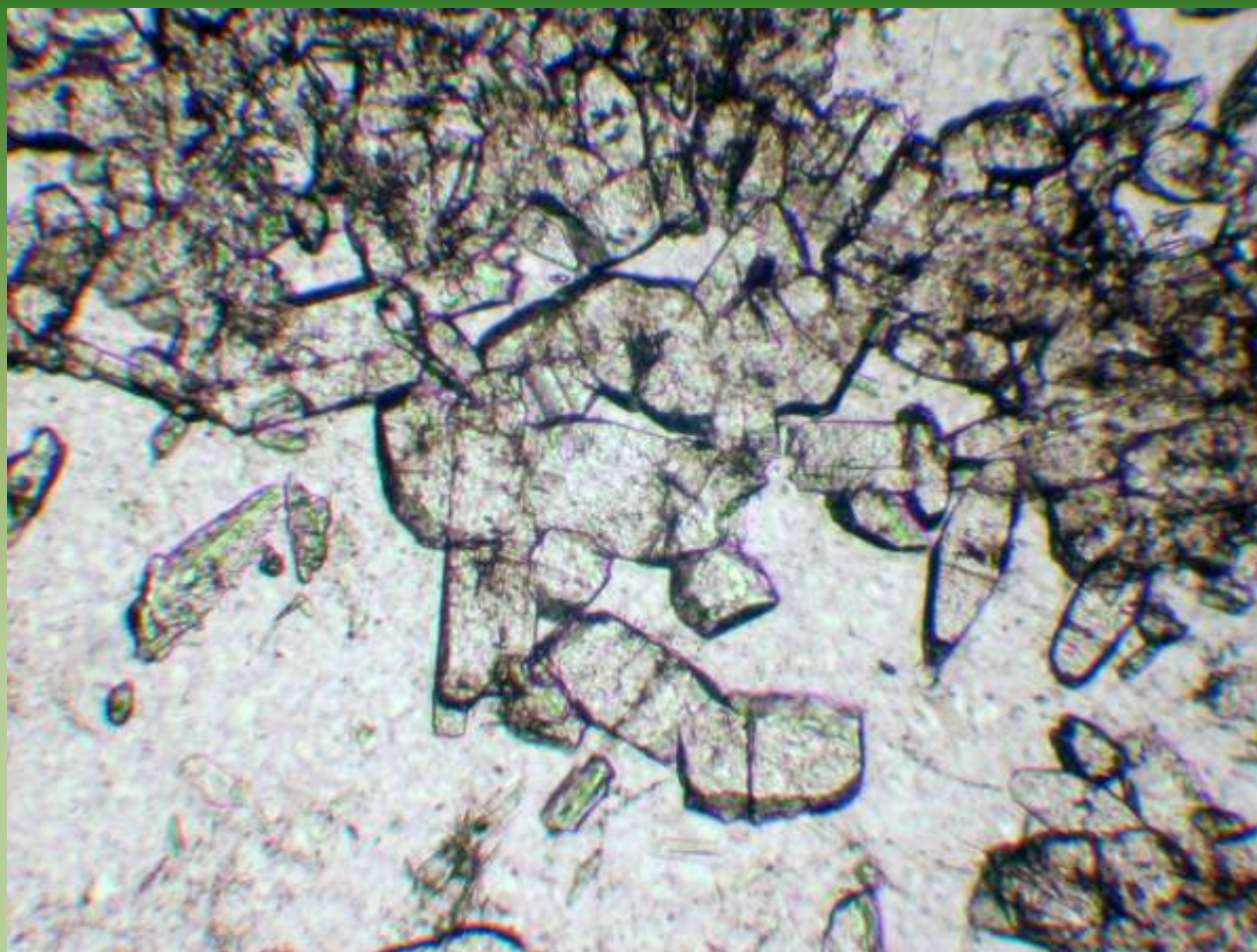
# Zoisit

- ve výbruse je zoisit bezbarvý, zpravidla s výrazným reliéfem. Lišty protáhlé podle osy z mívají roztřepené konce.
- nápadná bývá podélná štěpnost (010), někdy je přítomna příčná odlučnost
- Chm je vždy +
- Ro může být ve dvou orientacích:  **$\alpha$ -zoisit** (bez FeO) má Ro rovnoběžnou s (010),  **$\beta$ -zoisit** (do 5% FeO) má Ro rovnoběžnou s (001).
- u  $\alpha$ -zoisit je Chz-, u  $\beta$ -zoisitu Chm + i –
- $\alpha$ -zoisit má 2V kolem  $30^\circ$ ,  $\beta$ -zoisit má 2V kolem  $60^\circ$



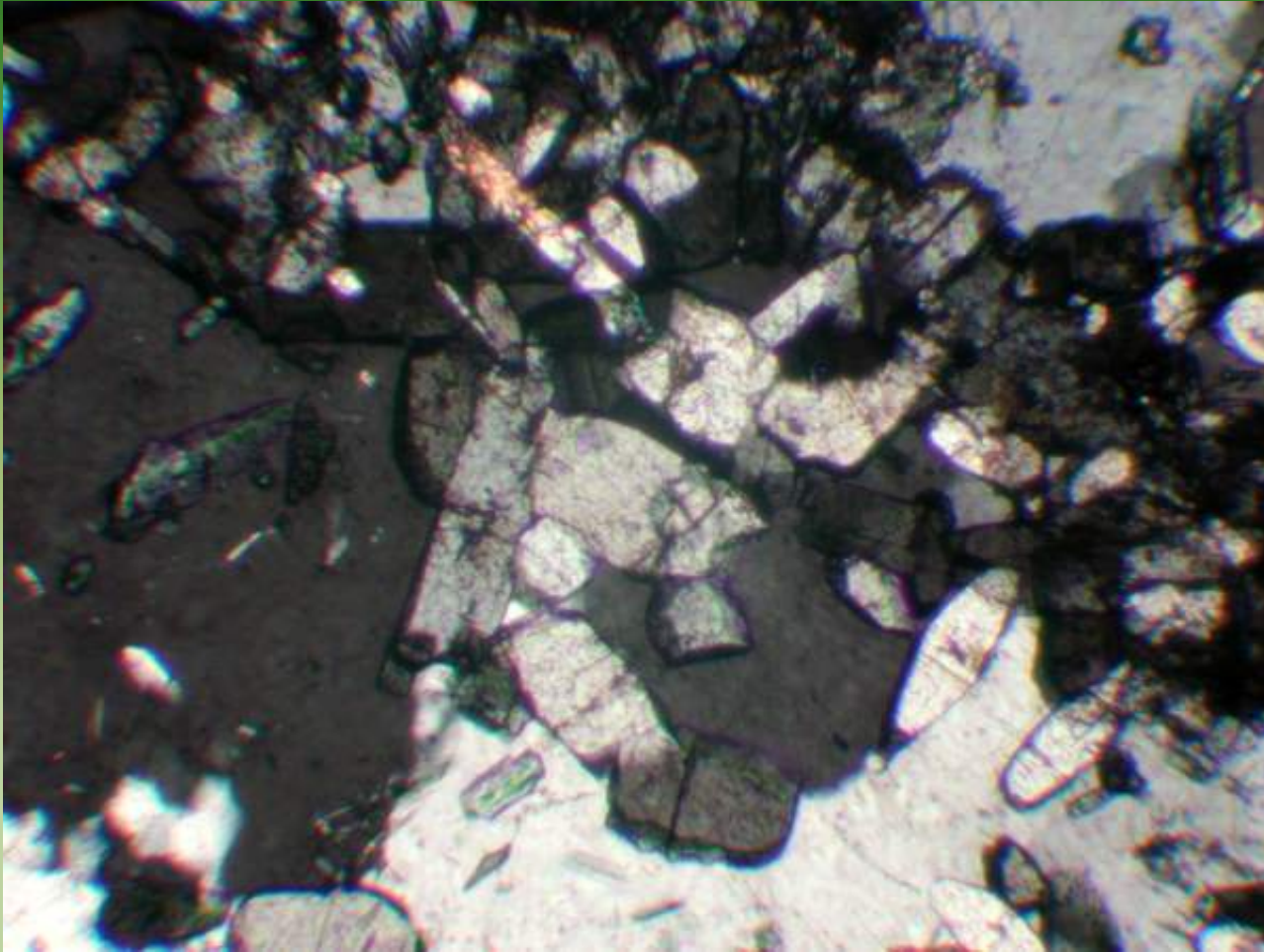
# Zoisit

- $n_{\alpha} = 1,685 - 1,705$
- $n_{\beta} = 1,688 - 1,710$
- $n_{\gamma} = 1,697 - 1,725$
- $D = 0,003 - 0,008$ , dvojlom i indexy rostou s obsahem Fe
- interferenční barvy jsou někdy skvrnité nebo políčkované, v řezu (100) má  $\alpha$ -zoisit anomální indigově modré interferenční barvy.
- od klinozoisitu lze odlišit podle rovnoběžného zhášení
- zoisit je stabilní
- vyskytuje se v krystalických břidlicích s amfibolem nebo v amfibolitech, v magmatických horninách vzniká při saussuritizaci plagioklasů.
- minerální parageneze: amfibol, epidot, kalcit



sloupečkovité krystaly zoisitu vzniklé při rozpadu plagioklasu;  
Slezsko, PPL



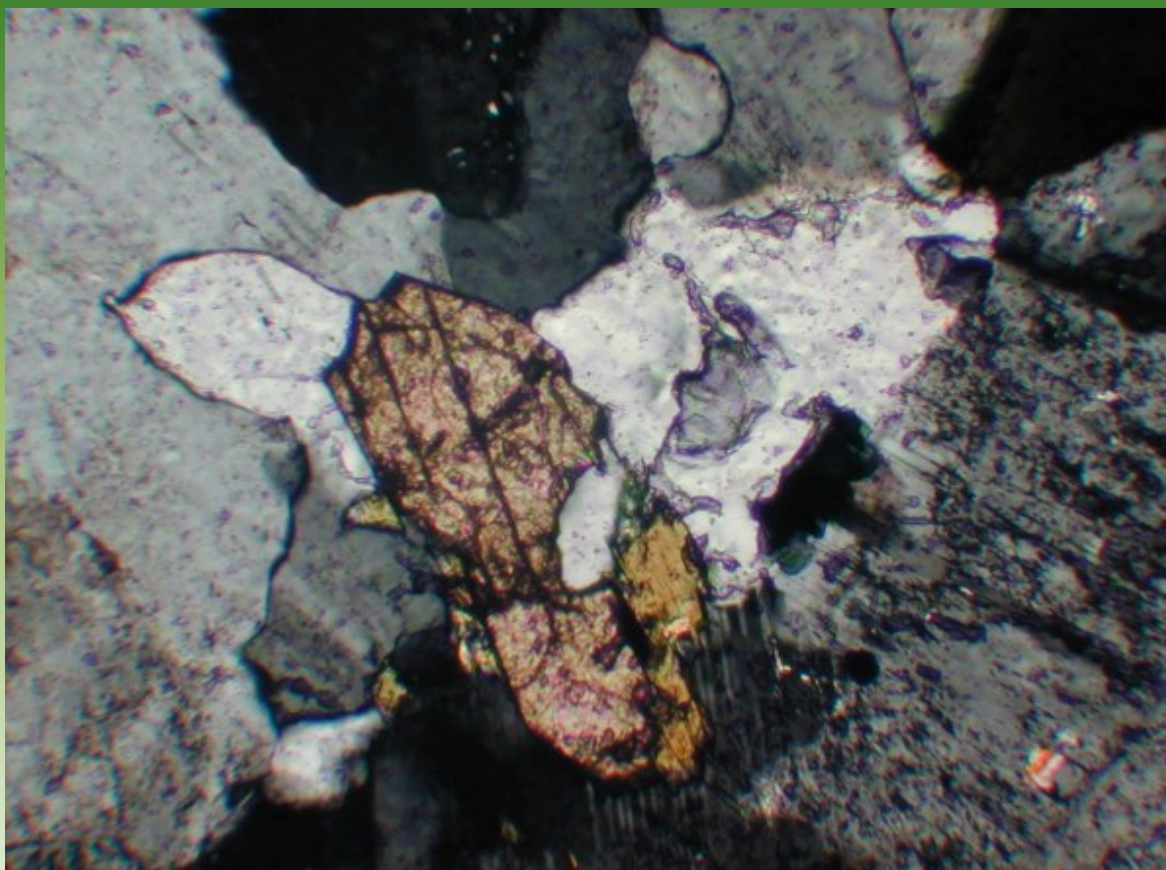


sloupečkovité krystaly zoisitu vzniklé při rozpadu plagioklasu;  
Slezsko, XPL

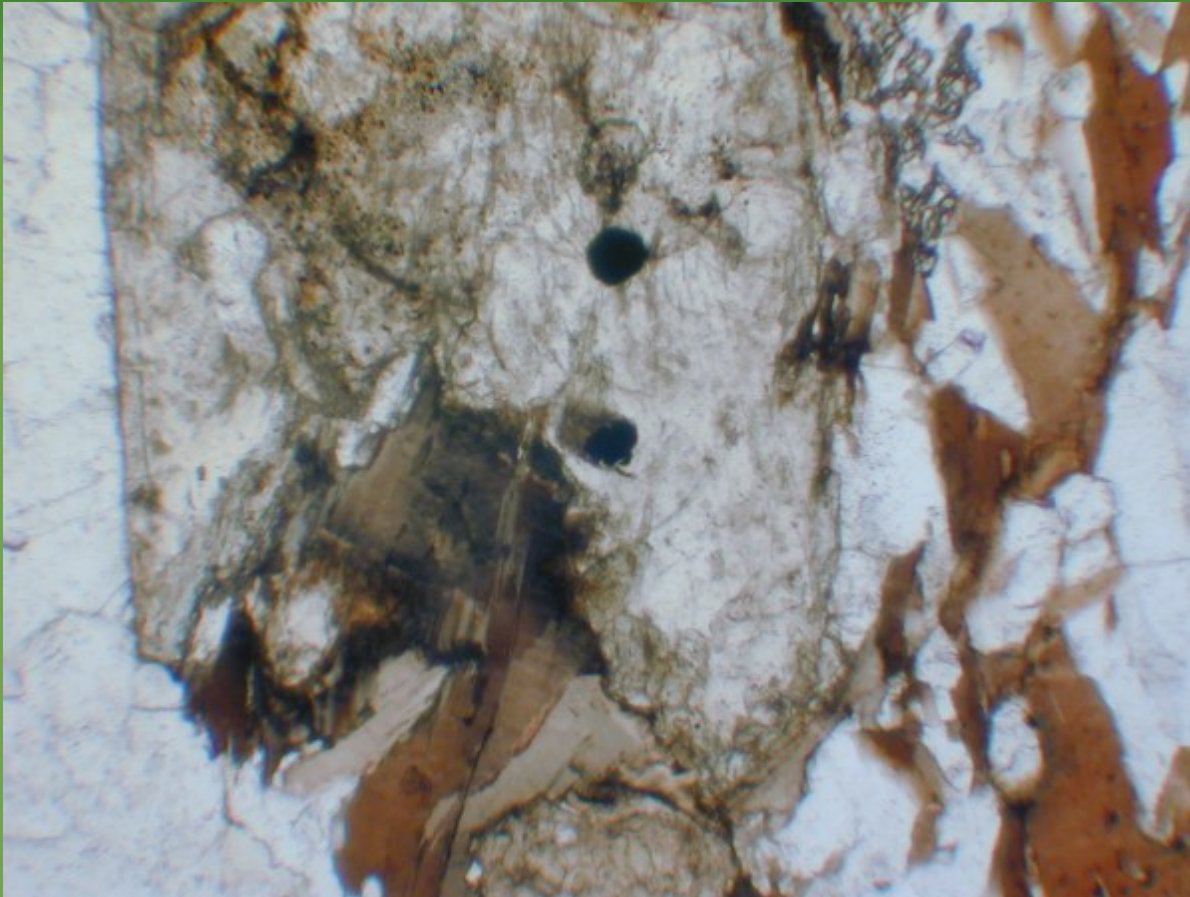


# Allanit

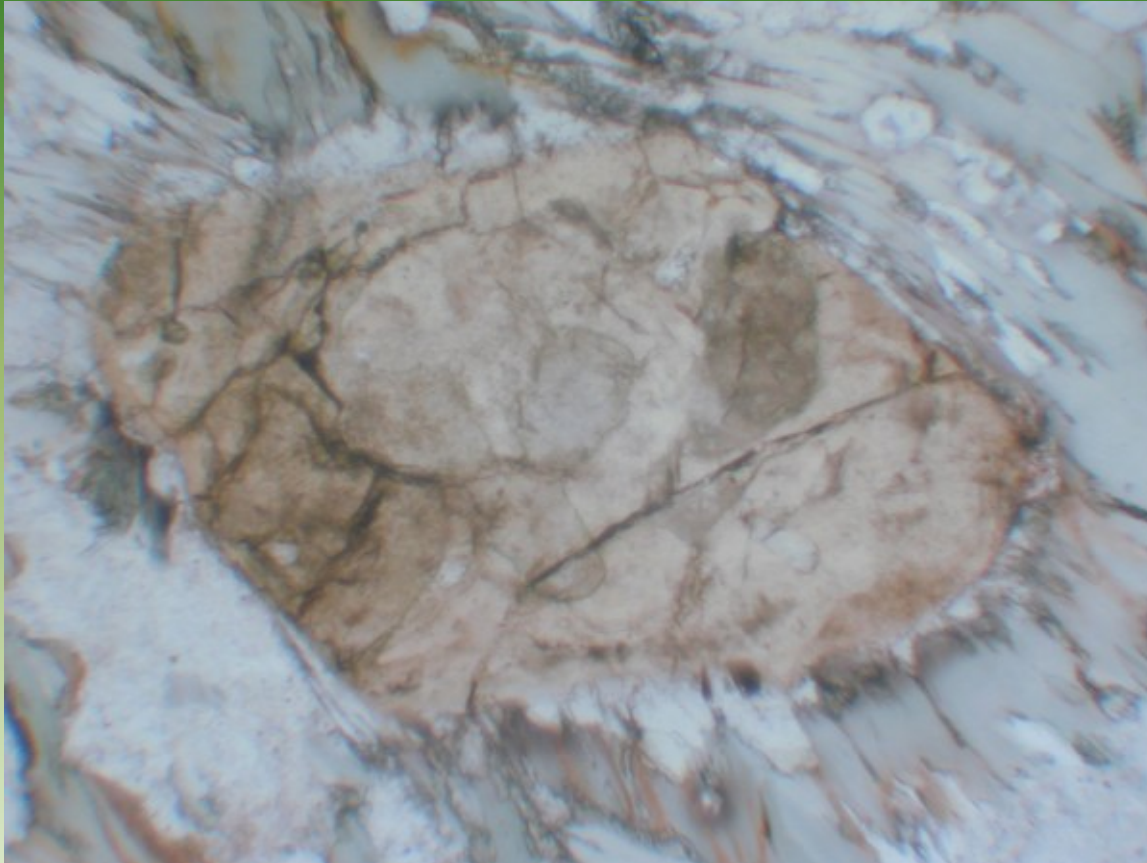
- tvoří automorfní zrna s výrazným reliéfem, často se zonální stavbou. Zřetelný pleochroismus je podle  $\alpha$  zelenavě hnědý,  $\beta$  hnědý až červenohnědý a  $\gamma$  hnědožlutý.
- časté jsou dvojčatné srůsty a pleochroické dvůrky v tmavých minerálech
- Chm-, Chz + i -, Ro je rovnoběžná s (010)
- zháší  $\alpha/z = 36^\circ\text{-}40^\circ$
- indexy lomu kolísají se složením a s postupujícím stupněm metamiktních přeměn klesají:
  - $n_\alpha = 1,640 - 1,780$
  - $n_\beta = 1,650 - 1,800$
  - $n_\gamma = 1,660 - 1,810$
  - $D = 0,010 - 0,036$
- je častou akcesorií kyselých magmatických (granity, křemenné diority) nebo metamorfovaných hornin (ruly).



hypautomorfně omezený allanit, biotit, K-živec, granodiorit, XPL

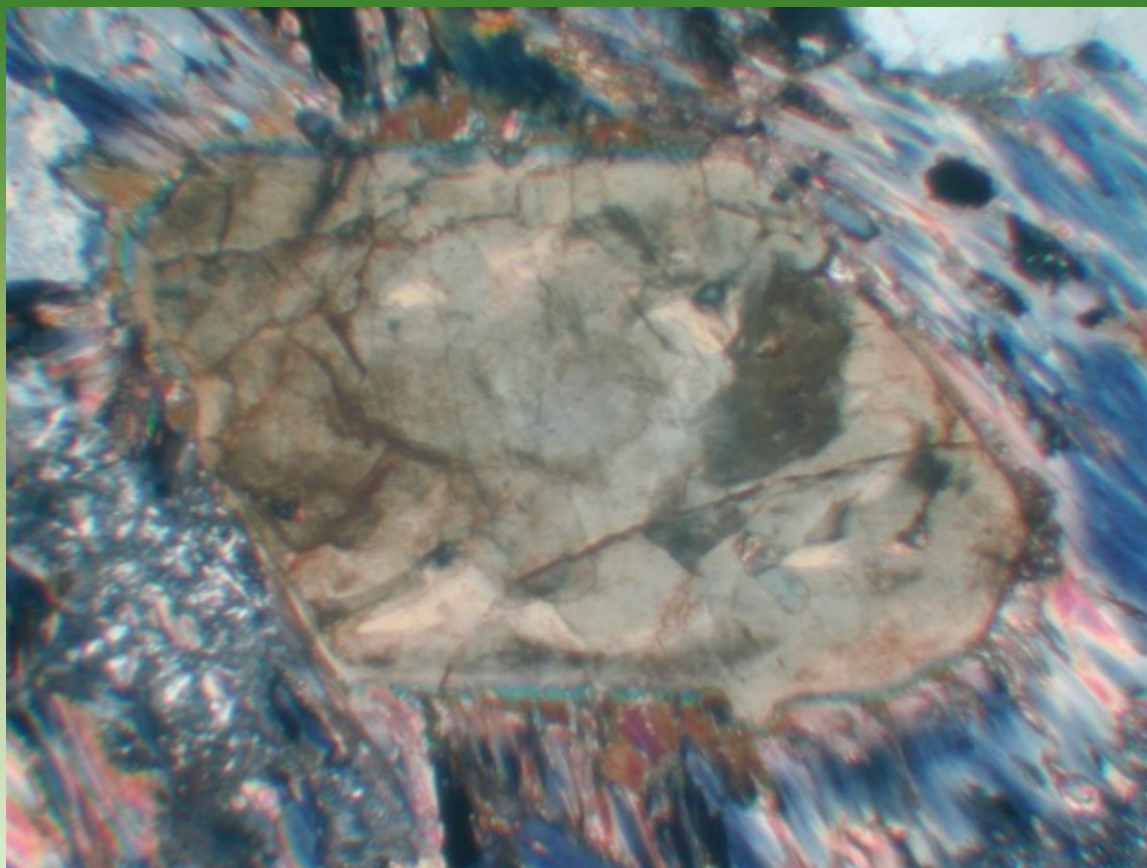


hypautomorfně omezené zrno allanitu s počínající metamiktní  
přeměnou, biotit, tonalit, PPL

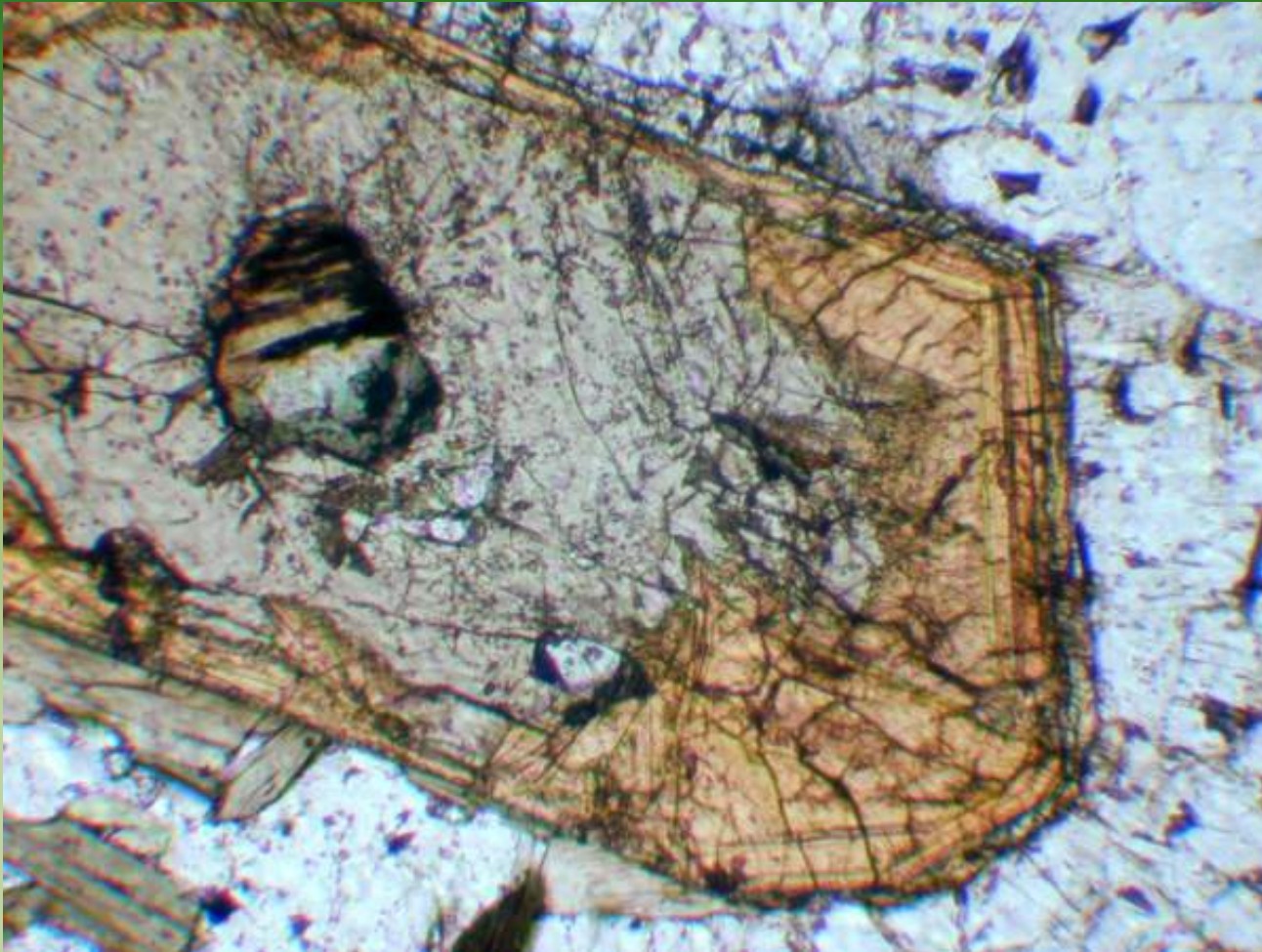


sektorově nehomogenní allanit v chloritu, tonalit, PPL



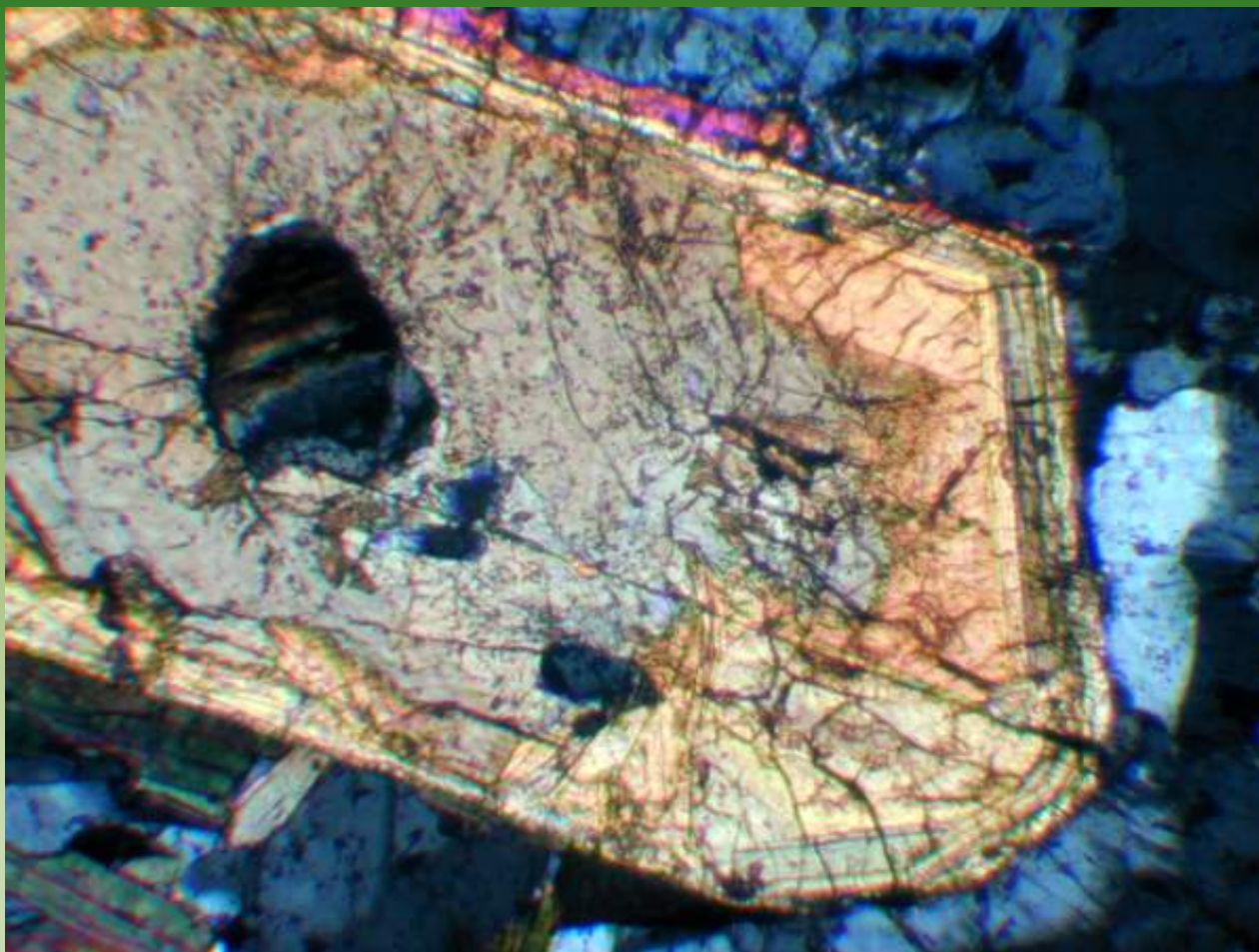


nehomogenní zrno allanitu v chloritu, tonalit, XPL



zonální zrno allanitu, rula, Obří skály, PPL





zonální zrno allanitu s epidotem na okraji, rula, Obří skály, XPL

# Chlority

Tato skupina patří mezi důležité horninotvorné minerály. Chemicky a strukturně jsou jednotlivé minerály poměrně rozmanité, ale v mikroskopu jsou jejich optické vlastnosti podobné a poměrně snadno se poznávají.

Pro optické účely lze provést rozdělení následujícím způsobem:

- Mg-chlorit má 0 – 20 mol.% Fe (pennin, klinochlor)
- Mg - Fe<sup>+2</sup> chlorit má 20 – 40 mol.% Fe (Mg-ripidolit)
- Fe<sup>+2</sup> - Mg chlorit má 40 – 60 mol.% Fe (Fe ripidolit)
- Fe<sup>+2</sup> chlorit má nad 60 mol.% Fe (brunsvigit)

Nápadná je bazální štěpnost a zelenavé zbarvení, ve zkřížených nikolech mají některé chlority anomální interferenční barvy (modré, fialové), jinak je dvojlom velmi nízký. Zhášení vzhledem ke štěpnosti ( $\gamma$ ,  $\alpha/x$ ) je zpravidla přímé, někdy šikmé do 7°. Běžné jsou paralelní srůsty s biotitem a flogopitem, kolem minerálů s obsahem U a Th bývají pleochroické dvůrky.



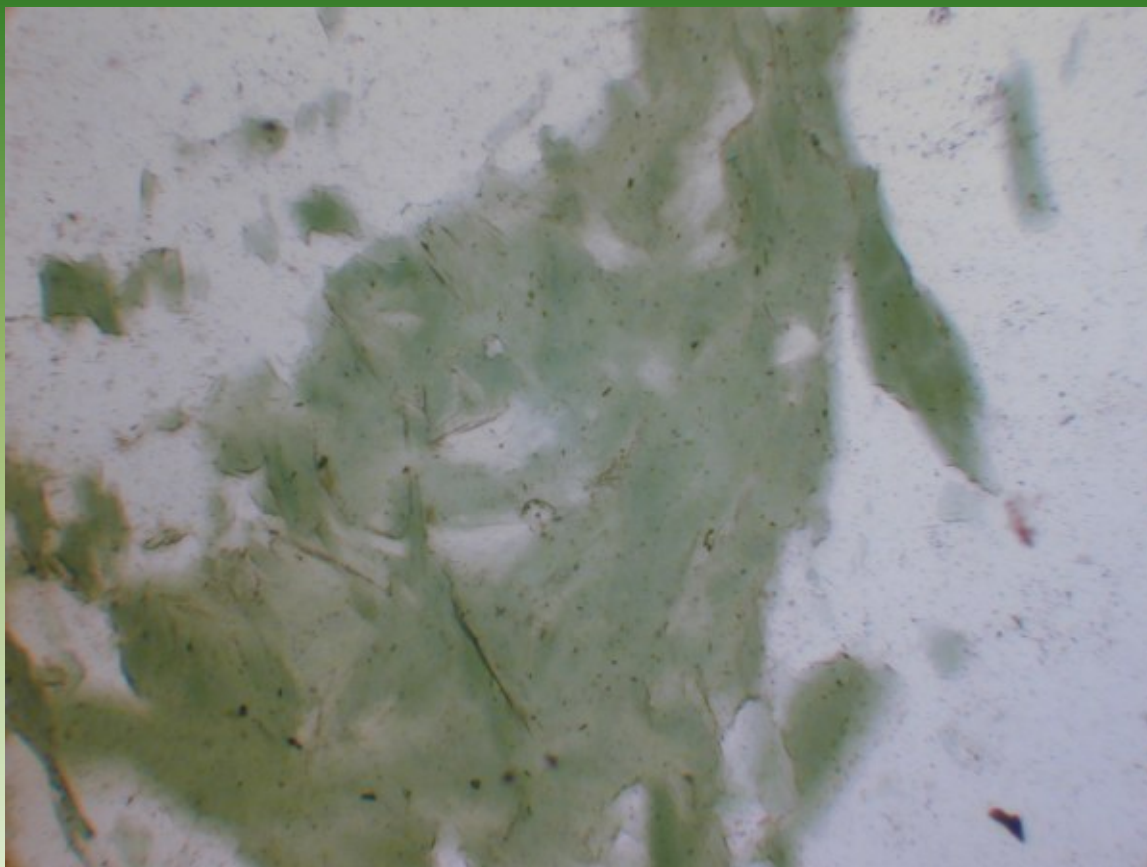
# Chlority

	Mg chlorit	MgFe <sup>+2</sup> a Fe <sup>+2</sup> Mg chlorit	Fe <sup>+2</sup> chlorit
$n_{\alpha}$	1,562 – 1,594	1,589 – 1,605	1,632 – 1,665
$n_{\beta}$	1,565 – 1,594	1,595 – 1,608	1,638 – 1,676
$n_{\gamma}$	1,565 – 1,606	1,595 – 1,615	1,638 – 1,675
D	0,003 – 0,012	0,002 – 0,010	0,004 – 0,010

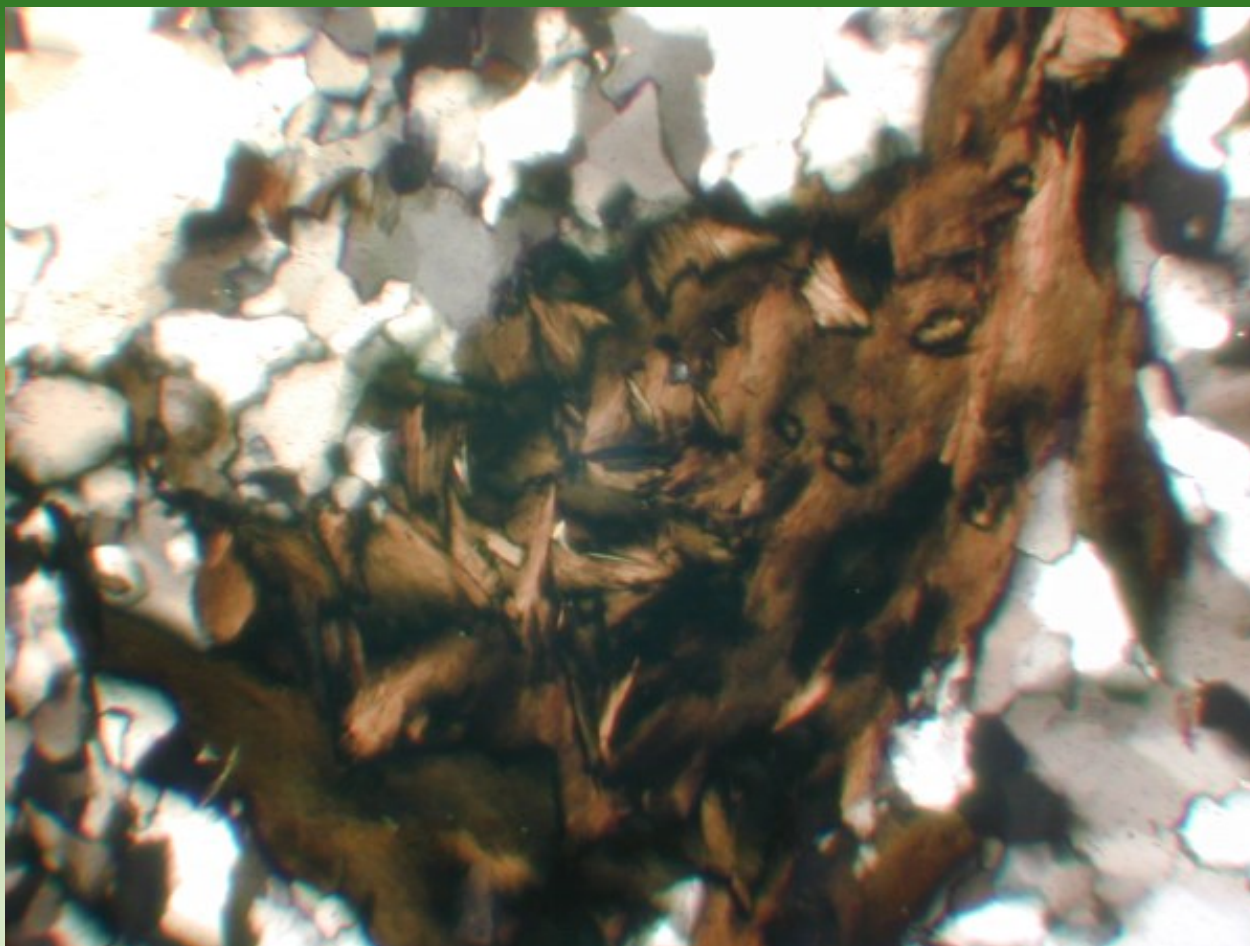
- Ro je (010),  $\beta = \gamma$ , ostatní indexy lomu a Chm závisí na složení:
- štěpnost dokonalá (001)
- zpravidla se mění na jílové minerály, Mg-Fe karbonáty, limonit a křemen
- chlority jsou zastoupeny hlavně v regionálně metamorfovaných horninách facie zelených břidlic (chloritické břidlice, fylity, kontaktně metamorfované horniny).

Ve výše metamorfovaných horninách vzniká alterací (chloritizace) biotitu, amfibolu, granátu a cordieritu. V magmatických horninách tvoří buď sekundární výplň dutin a trhlin, nebo jsou přítomny jako alterační produkt (bazalty, gabra, spility).

- minerální parageneze: albit, biotit, křemen, epidot



agregát zeleného chloritu v křemeni; PPL

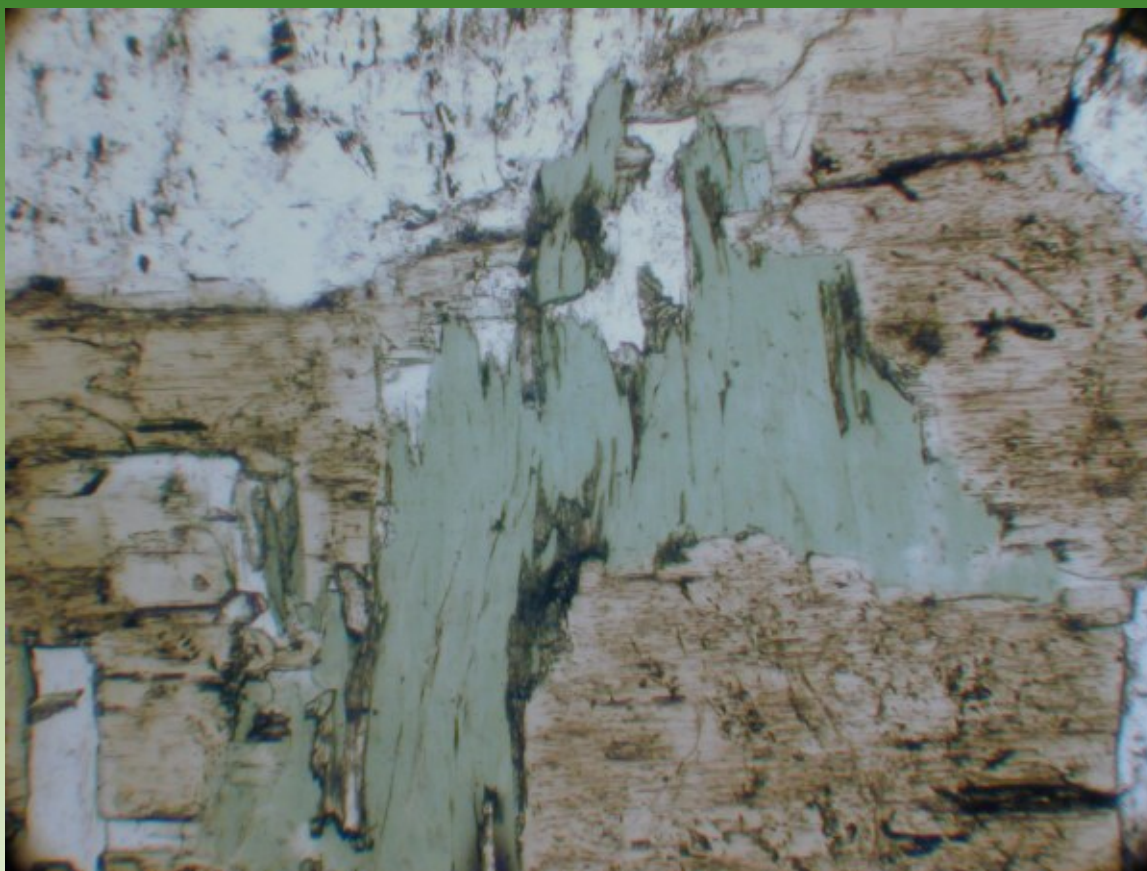


anomální interferenční barvy vějířkovitých agregátů chloritu, XPL

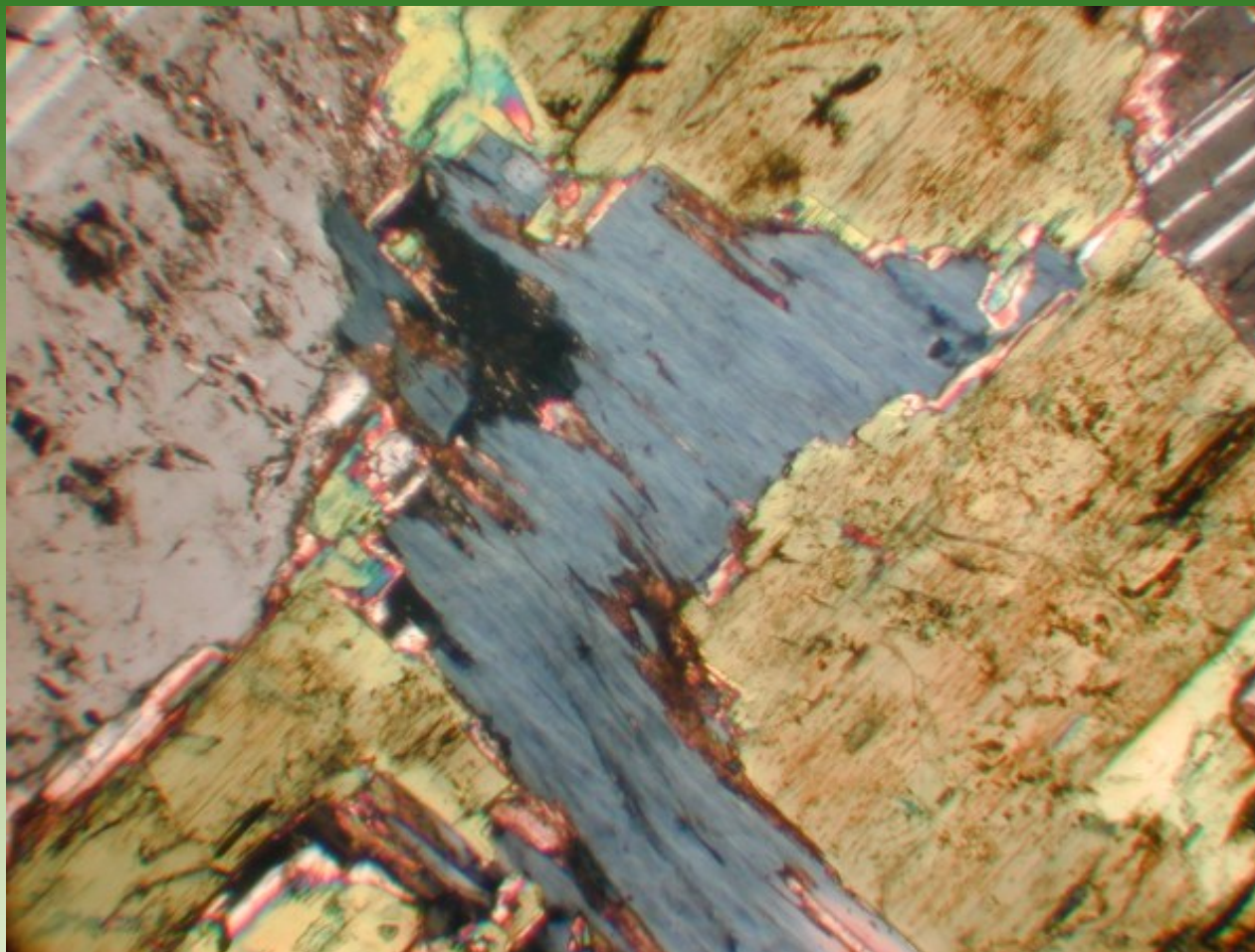


agregát chloritu (kolmo na štěpnost, světlý odstín), amfibol; PPL





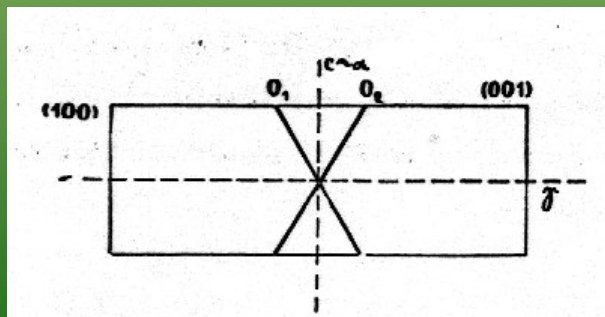
agregát chloritu (rovnoběžně se štěpností, zelený odstín),  
amfibol; PPL



agregát chloritu (interferenční barvy), amfibol, plagioklas; XPL

# Serpentinová skupina - antigorit

- nízký reliéf a nízké intrferenční barvy, někdy vícenásobně dvojčatí ve směru (010) ve formě vějíře s undulózním zhášením. V ultrabazických horninách je běžná mřížková textura. Zhášení je zpravidla rovnoběžné, nebo  $\alpha/z$  je velmi malý úhel.
- $n_{\alpha} = 1,546 - 1,595$
- $n_{\beta} = 1,551 - 1,603$
- $n_{\gamma} = 1,552 - 1,604$
- $D = 0,006 - 0,009$
- $R_o = (010)$ ,  $z = \alpha$ . Chm-, Chz+, úhel  $2V_{\alpha} = 27^{\circ} - 60^{\circ}$
- štěpnost dokonalá podle (001)
- hydrotermální přeměna za přítomnosti  $\text{SiO}_2$  na mastek
- v bazických a ultrabazických magmatitech nebo nízcce metamorfovaných horninách je součást produktů přeměn olivínu. Může vznikat i přeměnou Mg bohatých ortopyroxenů. Je podstatnou součástí hadců (serpentinitů).
- minerální parageneze: olivín, chrysotil, magnetit, mastek



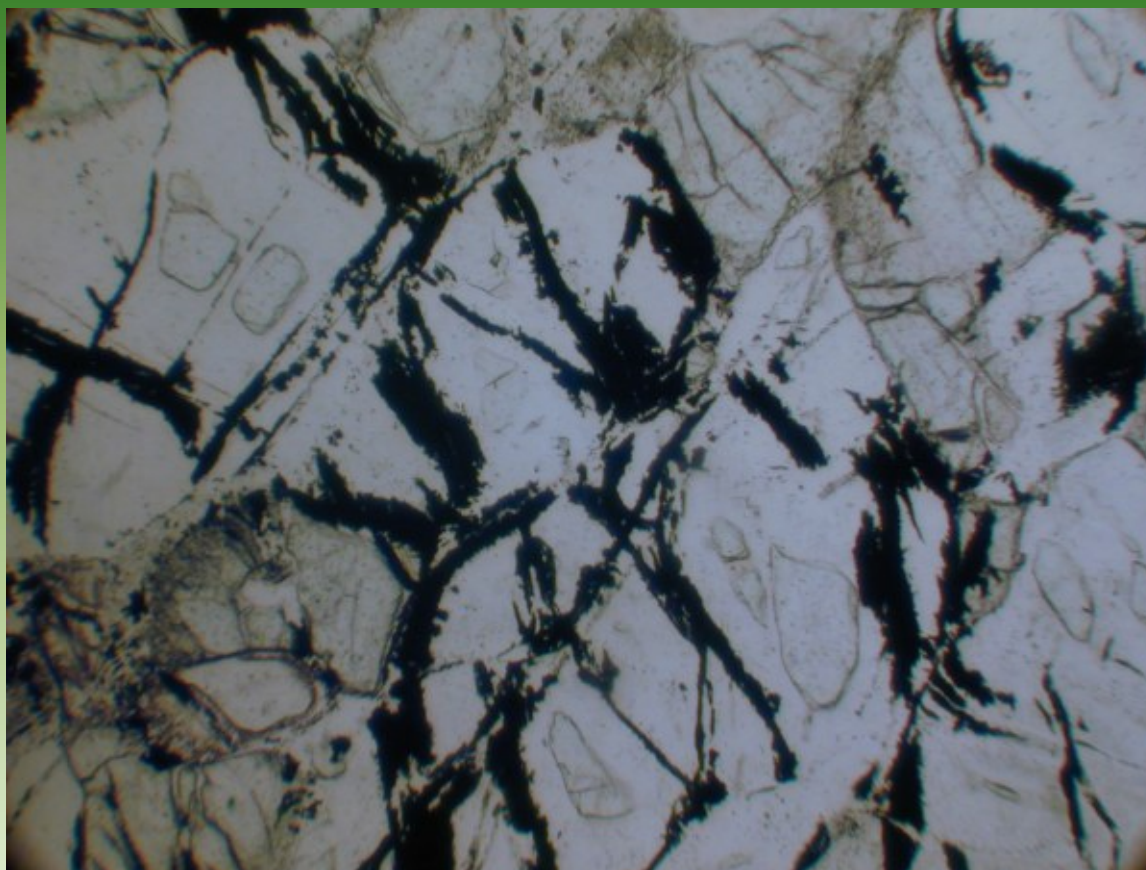
# Serpentinová skupina - chrysotil

- nízký lom a nízký dvojlom, zháší rovnoběžně
- opticky se vyčleňují:

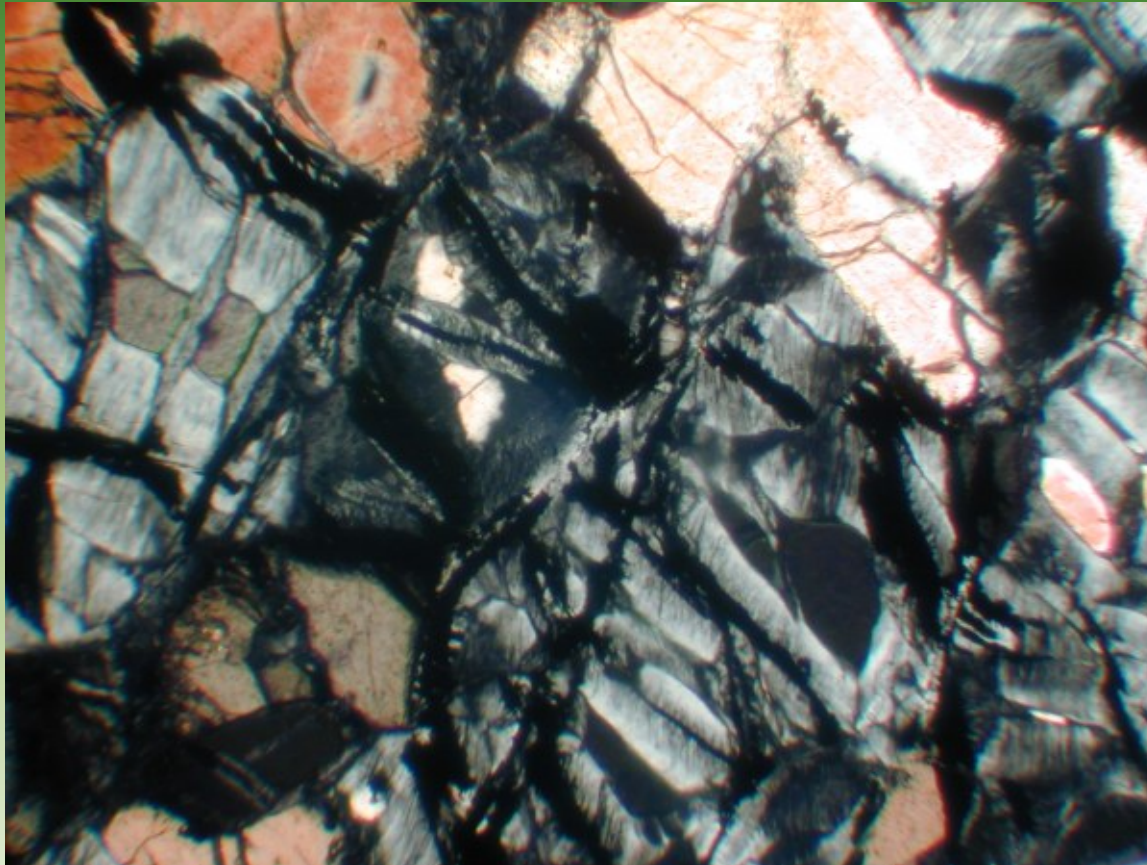
	<i>chrysotil <math>\gamma</math></i>	<i>chrysotil <math>\alpha</math></i>
$n\alpha =$	1,532 – 1,552	1,538 – 1,560
$n\beta =$	1,545 – 1,561	1,546 – 1,567
$n\gamma =$	1,545 – 1,561	1,546 – 1,567
$D =$	0,013 – 0,009	0,008 – 0,007

- oba typy mají  $R_o = (010)$ , chrysotil  $\gamma$  má  $Chm^+$ ,  $Chz^+$  a  $2V_\gamma = 10^\circ - 90^\circ$ . Chrysotil  $\alpha$  má  $Chm^-$ ,  $Chz^-$  a  $2V_\alpha = 30^\circ - 35^\circ$ .
- bývá spolu s antigoritem v produktech serpentinizace olivínu popř. pyroxenů. Za podmínek nízké metamorfózy přechází na antigorit.
- je hojně zastoupen v hadcích, běžně je i v olivinických vyvřelinách
- minerální parageneze: olivín, antigorit

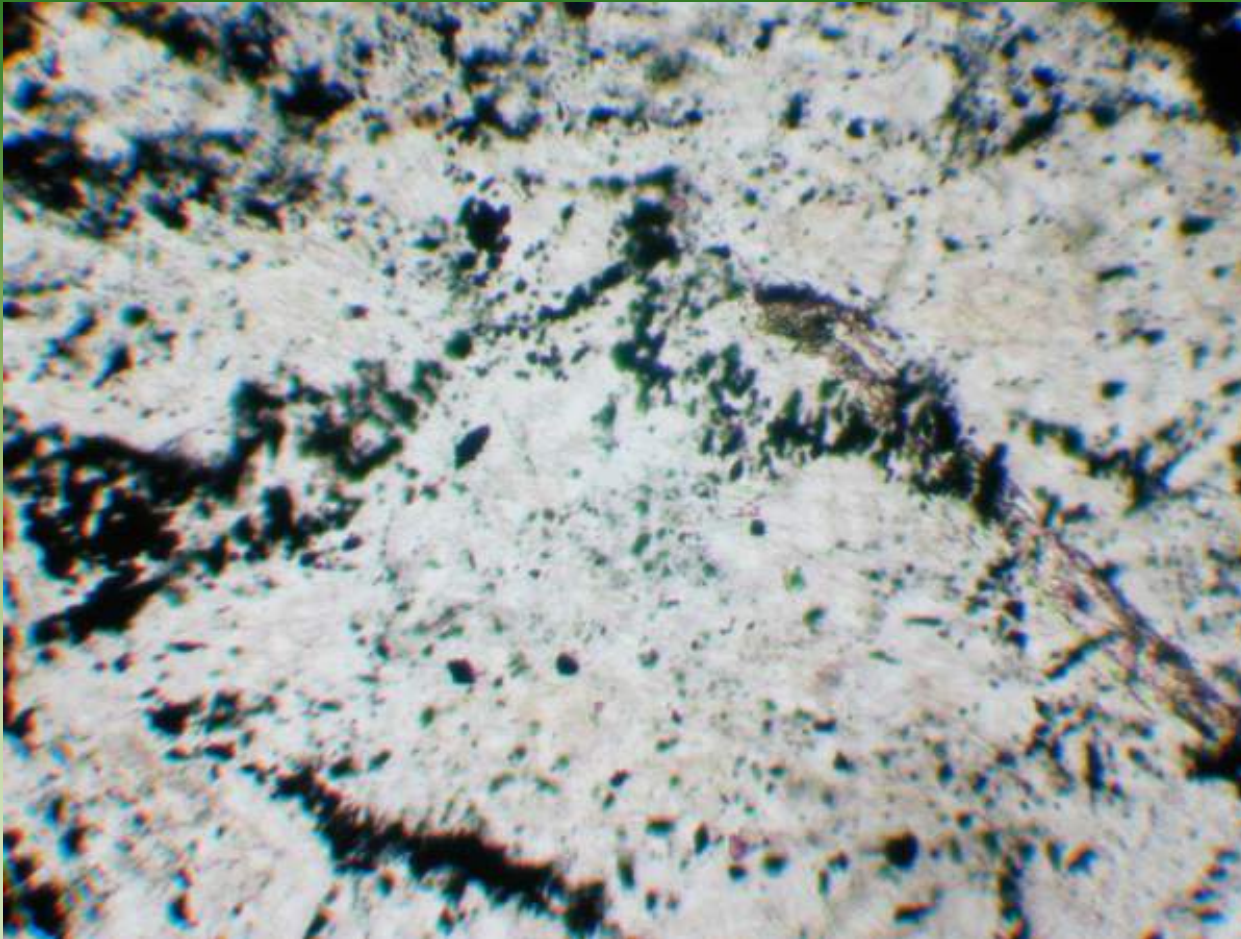




shluky minerálů serpentínové skupiny vzniklých přeměnou olivínu, hadec; PPL

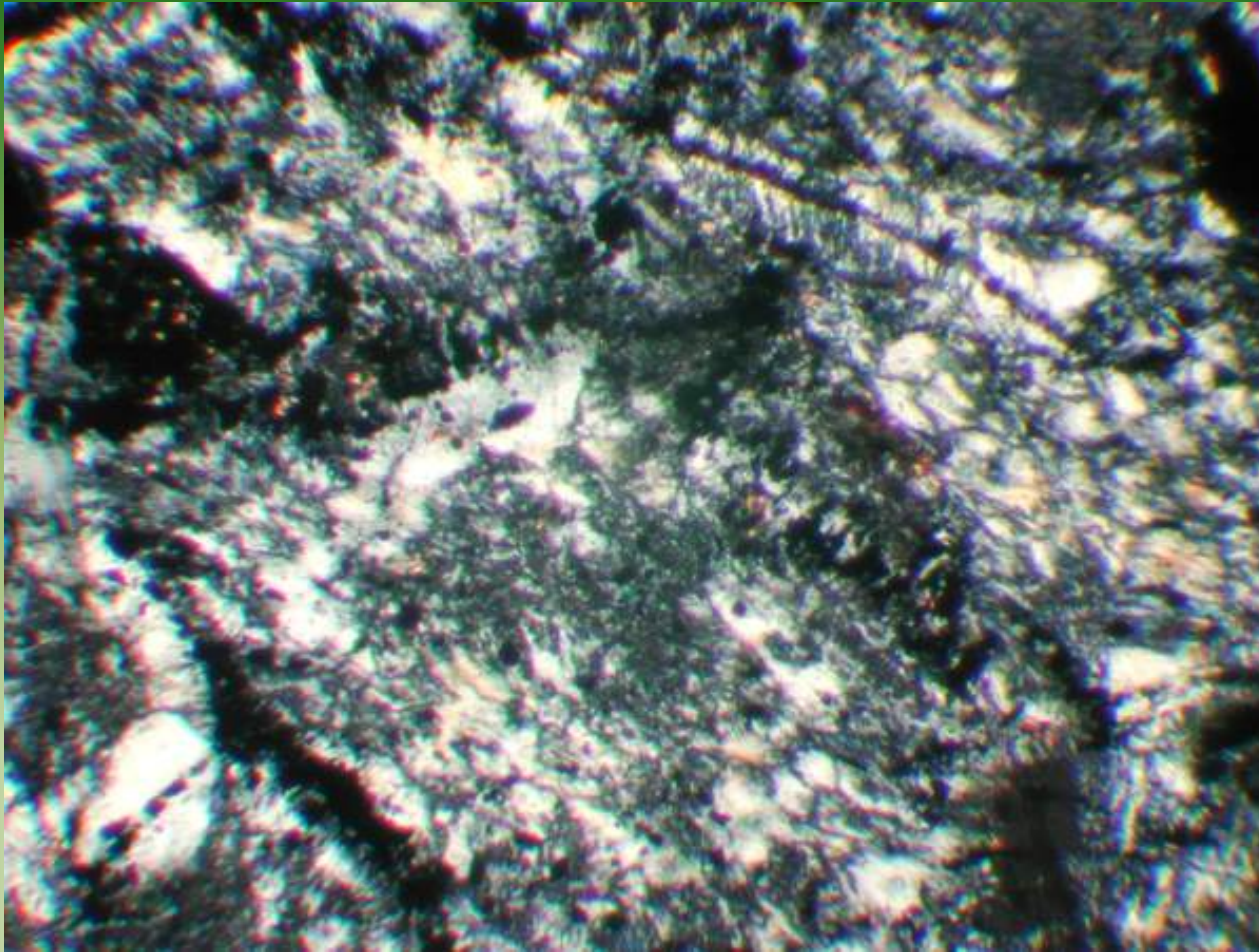


shluky minerálů serpentínové skupiny, vyšší dvojlom mají zbytky olivínu, hadec; XPL



shluky minerálů serpentínové skupiny vzniklých přeměnou olivínu; hadec, Raškov u Hanušovic, PPL



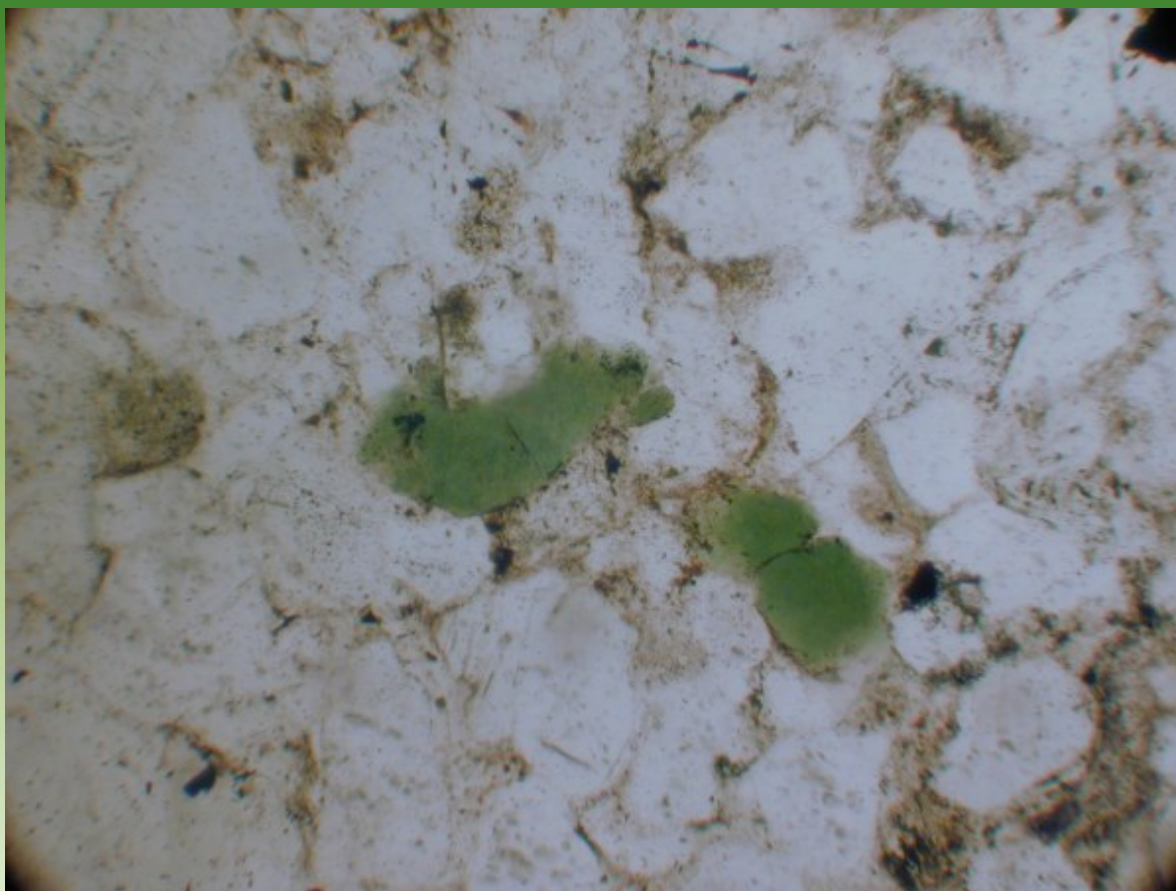


shluky minerálů serpentínové skupiny vzniklých přeměnou olivínu; hadec, Raškov u Hanušovic, XPL

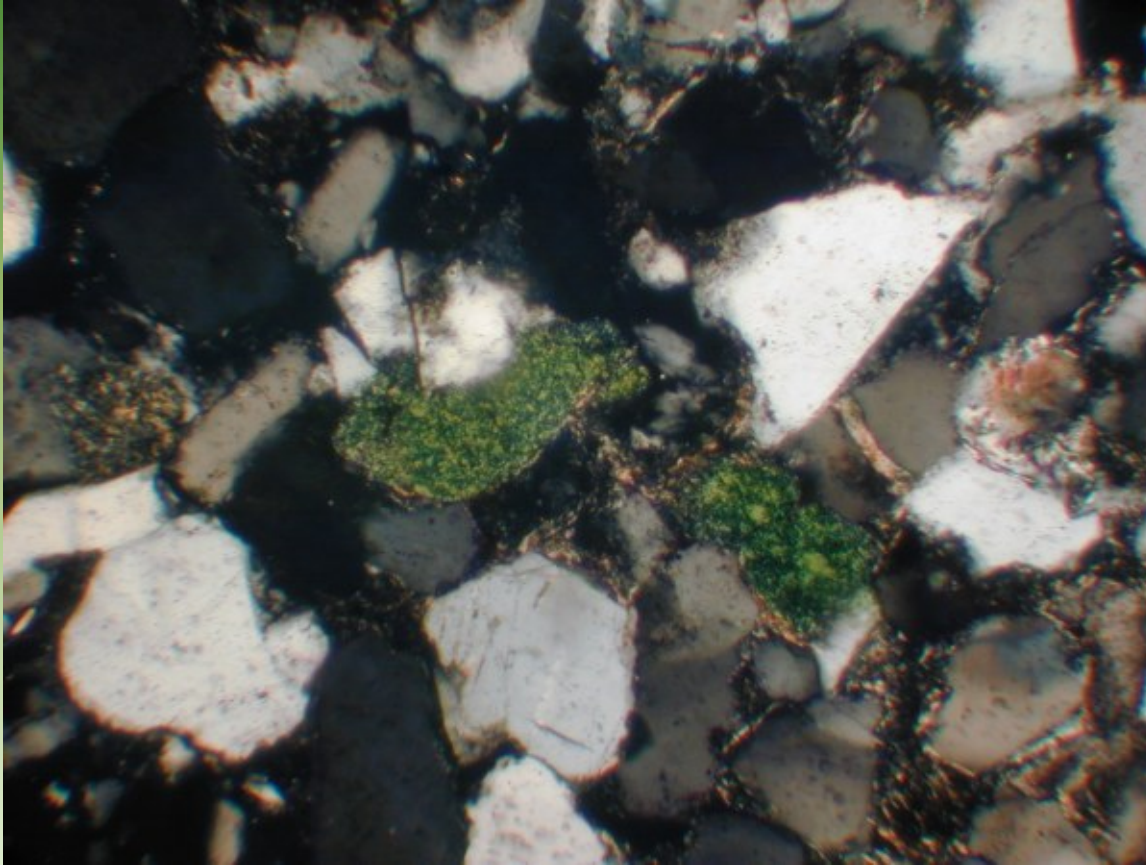


# Glaukonit

- nápadná trávově zelená barva, okrouhlý tvar zrn a drsný povrch
- zpravidla vyplňuje prostor mezi klastickými zrny
- $n_{\alpha} = 1,590 - 1,612$
- $n_{\beta} = 1,609 - 1,643$
- $n_{\gamma} = 1,610 - 1,644$
- $D = 0,020 - 0,032$
- úhel  $2V$  malý,  $Chm -$
- mění se na směs limonitu a opálu
- je běžný v sedimentárních horninách mořského původu, které sedimentovaly v mělkovodních podmínkách (cenomanské pískovce)



zrna glaukonitu v typické barvě mezi zrny křemene; pískovec, PPL



zrna glaukonitu, interferenční barvy; pískovec, XPL