

# Úloha 11. Optická mikroskopie - měření indexu lomu krystalických látek

Doc. RNDr. Zdeněk Losos, CSc.

Ústav věd o Zemi, Přírodovědecká fakulta, MU Brno

## 11.1 Úvod

U minerálů, stejně tak, jako u jednotlivých modifikací krystalických látek je index lomu charakteristickým parametrem, přesným pro diagnostiku fází. Např. index lomu, měřený v monochromatickém světle sodíkové výbojky o vlnové délce 589 nm, je pro fluorit 1.434, kamenec 1.454, sylvín 1.490, halit 1.544 a diamant 2.417.

V běžné praxi krystalové optiky má smysl měřit a uvádět index lomu s přesností nejvýše na tři desetinná čísla. Proto není třeba dělat korekce na index lomu vzduchu ani na kolísající laboratorní teplotu.

K reálnému měření indexu lomu krystalů používáme nejčastěji kombinaci následujících metod (Slavík et al. 1974):

- mikroskopie v polarizačním mikroskopu (metoda Beckeho linky)
- metody imerzní (mísení kapalin o různém indexu lomu v mikroskopickém preparátu) a
- metody měření indexu lomu namíchané imerze refraktometrem

## 11.2 Metoda Beckeho (= Beckeho linky)

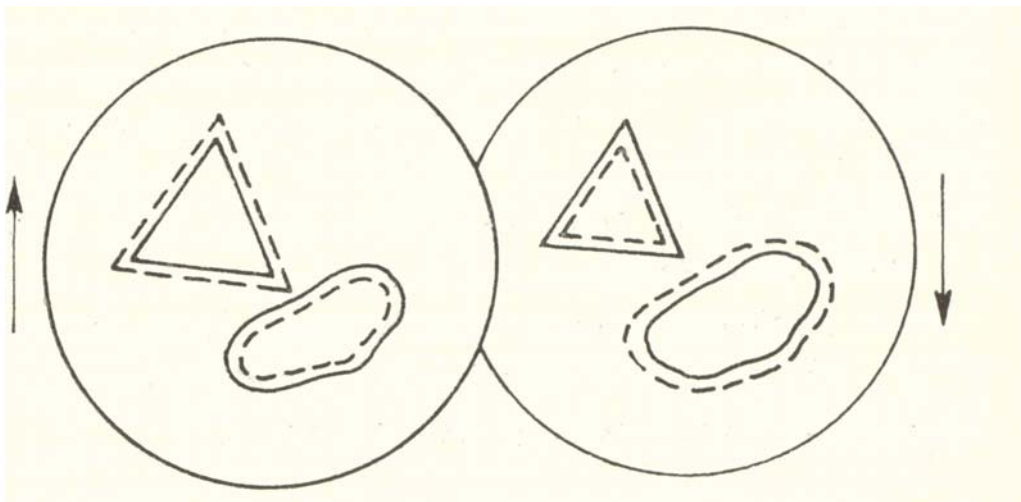
Při svislém rozhraní dvou opticky různých prostředí se světlo koncentruje na straně opticky hustšího prostředí (prostředí s vyšším indexem lomu).

Pozorujeme-li mikroskopem takové rozhraní dvou různě lomných krystalů, nebo krystalu hraničícího s imerzí, projeví se koncentrace světla jako světelný úzký lem kolem hranice obou fází či prostředí. Jde o Beckeho linku (obr. 1). Zvedáme-li následně opatrně tubus, postupuje Beckeho linka do opticky hustšího prostředí.

*Nastavení polarizačního mikroskopu:*

- *objektiv nejlépe 10x*
- *kondenzor mikroskopu snížit do dolní polohy*
- *zaclonit kondenzorovou clonu*

Vhodnější je pozorování malých zrn či krystalků při středním až větším zvětšení. Beckeho linka je zvláště výrazná na okrajích velmi tenkých úlomků krystalu. Proto větší krystalky poněkud rozdrťme na drobné úlomky řádově 0.X mm velké a ty umístíme do kapky imerzní kapaliny /viz níže/ na podložní skličko polarizačního mikroskopu.



**Obr.1** Pohyb Beckeho linky (čárovane) u fluoritu (trojúhelník) a granátu (nepravidelné zrno) při zvedání tubusu /vlevo/ a spouštění tubusu mikroskopu /vpravo/. Fluorit má nižší index lomu vzhledem k použité imerzi, granát vyšší.

### 11.3 Metoda imerzní

Beckeho světelná linka je tím zřetelnější, čím větší je rozdíl lomů obou pozorovaných prostředí. Zmenšuje-li se rozdíl v indexech lomu, snižuje se intenzita světelné linky, stejně tak i reliéfu úlomku krystalu. Obojí docela zmizí, vyrovnáme-li rozdíl v optické hustotě obou prostředí.

Při imerzní metodě používáme sady imerzních kapalin o různých (známých) indexech lomu, pokud možno navzájem dobře mísitelných. Na podložní mikroskopické sklíčko s jamkou umístíme drobný krystalek či úlomek, který zkoumáme. Nejprve srovnáme relativní světelný lom krystalické fáze s několika kapalinami a vybereme 2 z nich s nejbližším vyšším a nižším indexem lomu.

*Pozn. Takto máme již vymezen interval, ve kterém se bude index lomu dané fáze pohybovat, což v některých případech stačí pro určení fáze.*

Následně mícháme vybrané imerzní kapaliny mezi sebou (přikapováním na sklíčko pomocí skleněné tyčinky) a vždy znovu pozorujeme postupně mizející reliéf a Beckeho linky. V momentě vyrovnání indexu lomu kapaliny a měřené krystalické fáze zaniká reliéf, zmizí Beckeho linka a místo ní se objeví na hranici prostředí jemně duhově zbarvený širší lem. Index takto namíchané imerzní kapaliny změříme na refraktometru.

## 11.4 Měření indexu lomu imerzní kapaliny refraktometrem

Optický přístroj refraktometr" pracuje na principu tzv. totální reflexe (úplného odrazu). Jeho podstatnou součástí je skleněná polokoule ze silně lomného skla s indexem lomu kolem 1.8. Do této výše můžeme měřit indexy lomu látek.

Na skleněný segment (polokouli) refraktometru umístíme kapku imerzní kapaliny, jejíž index lomu chceme změřit a mírně rozetřeme. Přiklopíme protilehlý skleněný segment a měřicí prostor uzavřeme.

Zrcátkem nasměrujeme světlo do měřicího prostoru a kukátkem za současného natáčení optického rozhraní vůči dopadajícímu světlu hledáme hranici světla a tma. Tuto zaostříme a uvedeme do středu nitkového kříže. Druhým kukátkem pak současně na stupnici odečteme index lomu s přesností na 4 desetinná místa.

**!!! Celý popsaný postup měření indexu lomu je bezezbytku platný pro izotropní hmoty (krystaly ze soustavy krychlové, amorfní hmoty). !!!**

## 11.5 Krystalické látky anizotropní

Ostatní krystalové soustavy mimo kubické mají 2 nebo 3 významné optické směry ve kterých měříme dílčí (krajní) indexy lomu světla ( $\epsilon$ ,  $\omega$  u opticky jednoosých krystalů, resp.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  u dvojosých krystalů).

Zkoumaný optický směr u anizotropních krystalů nastavíme v preparátu pod mikroskopem do polohy rovnoběžně s kmitosměrem polarizovaného světla a pak postupujeme stejným způsobem.

Bližší údaje k optice anizotropních krystalických látek nalezneme např. v učebnici Slavíka et al. (1974) a v dalších příručkách krystalové optiky

### Literatura:

Bouška V., Kašpar P. (1983): Speciální optické metody. Academia Praha.

Slavík F., Novák J., Kokta J. (1974): Mineralogie. 5. přepracované vydání. Academia Praha.

Němec F. (1965): Petrografický klíč. SPN Praha.

## 11.6 Úloha

### Změřte popsaným způsobem index lomu těchto zeolitů: analcim a natrolit

**Pomůcky:** polarizační mikroskop, sada imerzních kapalin, podložní mikroskopická sklíčka s jamkou, skleněné tyčinky, refraktometr, vzorky krystalických fází

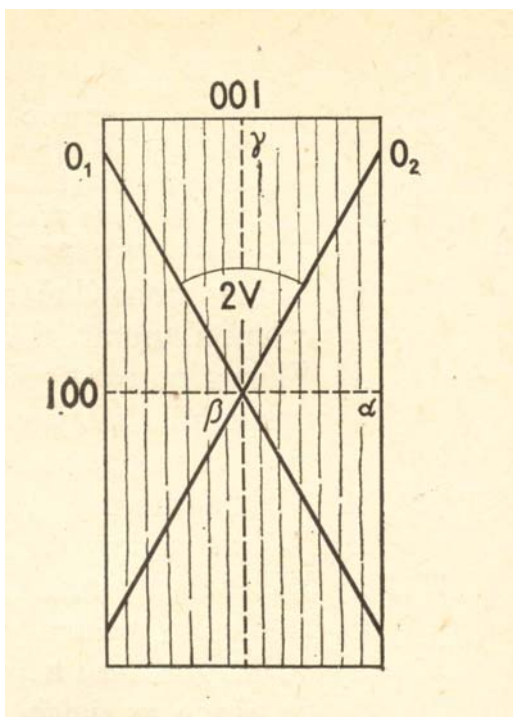
Z imerzních kapalin můžeme použít (viz též Bouška, Kašpar 1983):

levandulový olej	1.462
cedrový olej	1.510
monochlorbenzen	1.527
hřebíčkový olej	1.538

**Analcim** je kubický, a proto nezáleží při měření na orientaci krystalu v preparátu. Jeho index lomu  $n$  se pohybuje v rozmezí 1.479–1.489.

**Natrolit** vytváří dlouze sloupcovité až jehlicovité krystalky rombické symetrie.

Rovnoběžně s vertikálou krystalu je orientován maximální index lomu  $\gamma$  (1.485–1.493), v předozadní ose  $x$  leží střední index  $\beta$  (1.476–1.482) a v pravolevém směru  $y$  naměříme minimální index lomu  $\alpha$  (1.473–1.480). Celková optická orientace natrolitu je znázorněna na obr. 2.



**Obr. 2** Optická orientace krystalu natrolitu (podle Němce 1965).