

Pracovní úkoly

1. Vyneste do grafu disperzní relaci (spojitou závislost indexu lomu na vlnové délce) měřicího hranolu GoF3 pomocí údajů v tabulce 1.2.2.
2. Stanovte disperzní relaci optických skel, jejich střední disperzi, relativní střední disperzi a Abbeovo číslo. Podle přiloženého výpisu z katalogu optických skel proveďte identifikaci měřených vzorků. Disperzní relaci vyneste do grafu.
3. Stanovte teplotní závislost indexu lomu pro zadanou kapalinu pro tři různé vlnové délky v teplotním intervalu 20°C – 50°C . Zpracujte naměřené závislosti do grafu.
4. Spočítejte chybu nepřímého měření indexů lomu pevných látek i kapalin a to obecně i numericky. V úkolu 2. spočítejte chybu nepřímého měření střední disperze, relativní střední disperze a Abbeova čísla.

Teoretická část

Při měření indexu lomu pevné látky Pulfrichovým refraktometrem se používá hranol GoF3 se známým indexem lomu N_1 . Poté pro neznámý index lomu N_2 platí, dle [1] následující vztah:

$$N_2 = \sqrt{N_1^2 - \cos^2 \gamma} \quad (1)$$

$$\Delta N_2 = \sqrt{\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \cdot \Delta N_1^2 + \left(\frac{\sin(\gamma) \cos(\gamma)}{N_2}\right)^2 \cdot \Delta \gamma^2} \quad (2)$$

Kde γ je úhel pozorovaný v Pulfrichově refraktometru. Chyba nepřímého měření se poté spočítá pomocí vzorce (2), který jsme získali ze známého vztahu pro výpočet chyby nepřímého měření a veličiny označené Δ odpovídají absolutním chybám těchto veličin.

Pokud měříme index lomu kapaliny, používá se v Pulfrichově refraktometru tzv. V-hranol vyrobený z VoF4 se známým indexem lomu N_1 . Dle [1] platí následující vzorec:

$$N_2 = \sqrt{N_1^2 - \cos(\gamma)} \sqrt{N_1^2 - \cos^2 \gamma} \quad (3)$$

$$\Delta N_2 = \sqrt{\left(\frac{N_1}{N_2} - \frac{N_1}{N_2} \frac{\cos \gamma}{2 \sqrt{N_1^2 - \cos^2 \gamma}}\right)^2 \cdot \Delta N_1^2 + \left(\frac{\sin \gamma (N_1^4 - 2N_1^2 \cos^2 \gamma + \cos^4 \gamma - \cos^2 \gamma)}{2 \sqrt{N_1^2 - \cos^2 \gamma}}\right)^2 \cdot \Delta \gamma^2} \quad (4)$$

Kde γ je úhel pozorovaný v Pulfrichově refraktometru. Chyba nepřímého měření se poté spočítá pomocí vzorce (4), který jsme získali ze známého vztahu pro výpočet chyby nepřímého měření a veličiny označené Δ odpovídají absolutním chybám těchto veličin.

Pokud označíme indexy lomu příslušející jednotlivým spektrálním čarám (F, C a d) jako n_F , n_C a n_d můžeme podle [2] definovat Abbeovo číslo jako:

$$A = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} \quad (5)$$

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{\Delta n_d}{n_F - n_C}\right)^2 + \left(\frac{A}{n_F - n_C}\right)^2 \cdot \Delta n_F^2 + \left(\frac{A}{n_F - n_C}\right)^2 \cdot \Delta n_C^2} \quad (6)$$

Chyba nepřímého měření se spočte dle vzorce (6). Relativní R a střední D disperze se definuje jako [1]:

$$R = \frac{n_F - n_d}{n_F - n_C} \quad (7)$$

$$D = n_F - n_C \quad (8)$$

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{1 - R}{n_F - n_C}\right)^2 \cdot \Delta n_F^2 + \left(\frac{R}{n_F - n_C}\right)^2 \cdot \Delta n_C^2 + \left(\frac{1}{n_F - n_C}\right)^2 \cdot n_d^2} \quad (9)$$

$$\Delta D = \sqrt{\Delta n_F^2 + \Delta n_C^2} \quad (10)$$

Chybu nepřímého měření R a D lze spočítat za pomoci vzorců (9-10).

Metoda měření

Měření probíhalo za pomoci Pulfrichova refraktometru. V okuláru jsme našli požadovanou spektrální čáru, kterou bylo možné „izolovat“ za pomoci filtru, a poté jsme odečetli úhel pod, kterým byla čára pozorovaná.

Pomůcky

- Pulfrichův refraktometr
- Skleněné vzorky (označené jako 5 a 9)
- Kapalina (označená jako č. 1)
- Imerzní tekutina α -bromnaftalen
- Termostat

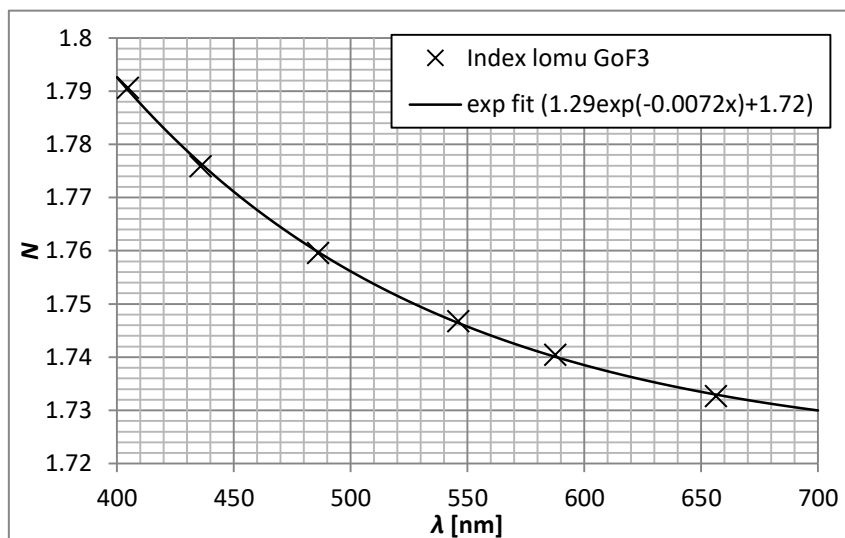
Výsledky měření

Teplota v laboratoři vzhledem k velice malé tepelné závislosti indexu lomu GoF_3 nehraje při měření podstatnou roli.

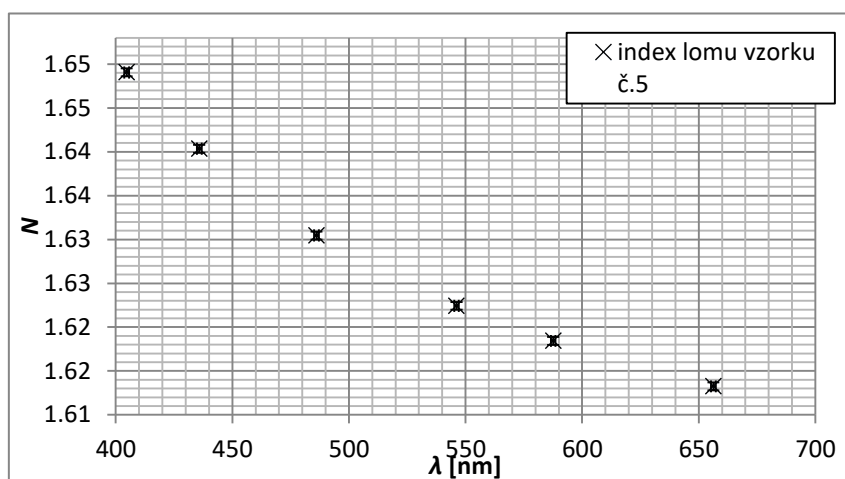
Graf č. 1 obsahuje závislost indexu lomu GoF_3 na vlnové délce. Data z tabulky 2.2 v [1] jsou nafitovaná exponenciální závislostí.

Graf č. 2 znázorňuje disperzní relaci pro vzorek 5. Chyba vyznačená v grafu je spočtená dle (2). Přestože přístroj umožňoval odečítat velikost úhlu s poměrně velkou přesností, určili jsme chybu měření úhlu $\Delta\gamma$ na 5° , protože bylo poměrně složité přesně identifikovat místo, kde spektrální čára končí, obzvláště u spektrálních čar s nízkou intenzitou. Graf č. 3 zachycuje

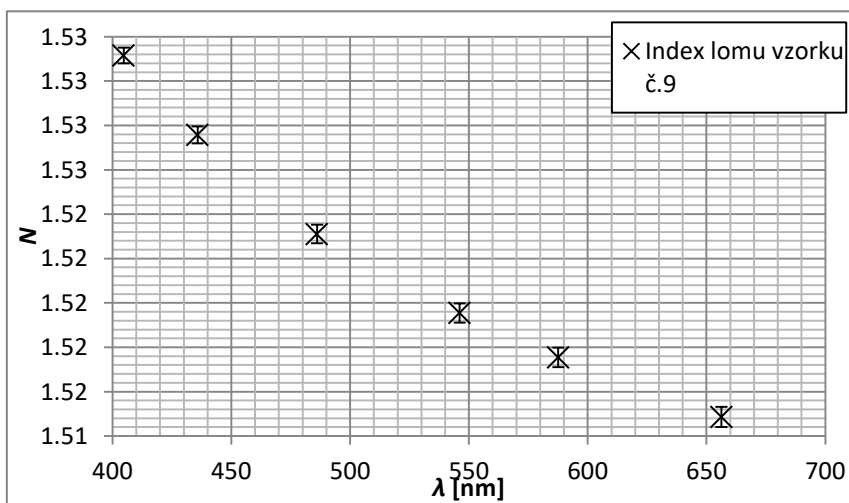
disperzní relaci pro vzorek číslo 9. Chyba vyznačená v grafu se získali podobně jako v předchozím případě.



Graf 1: Závislost indexu lomu GoF3 na vlnové délce



Graf 2: Index lomu vzorku č. 5 v závislosti na vlnové délce



Graf 3: Index lomu vzorku č. 9 v závislosti na vlnové délce

Tabulka č. 1 obsahuje Abbeovo číslo, střední disperzi a relativní střední disperzi pro vzorek č. 5. Chyba uvedená v tabulce byla určena za pomoci vzorců (6, 9-10). Tabulka č. 2 obsahuje Abbeovo číslo, střední disperzi a relativní střední disperzi pro vzorek č. 9.

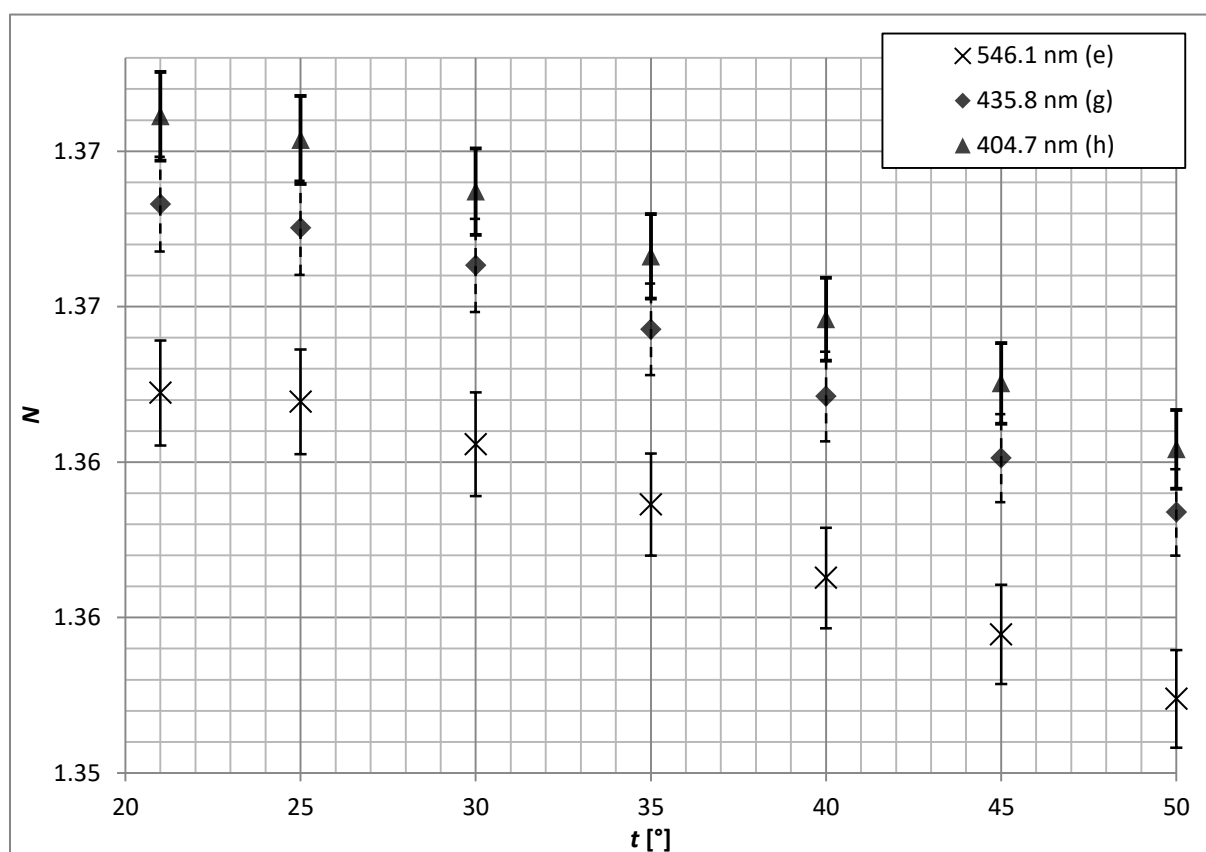
Tabulka 1: Abbeovo číslo, střední disperze a relativní střední disperze vzorku č. 5

	hodnota	chyba
A	36	1
D	0.0172	0.0006
R	0.70	0.03

Tabulka 2: Abbeovo číslo, střední disperze a relativní střední disperze vzorku č. 9

	hodnota	chyba
A	63	5
D	0.0082	0.0006
R	0.67	0.07

Graf č. 4 znázorňuje závislost indexu lomu na teplotě kapaliny pro tři vlnové délky (spektrální čáry e, g a h). Chybové úsečky jsme získali ze vzorce (4), kde jsme chybu úhlu $\Delta\gamma$ opět odhadli na $5''$.



Graf 4: Závislost indexu lomu kapaliny na teplotě

Diskuse

Teplotní závislost indexu lomu měřicího hranolu GoF3 nemá na výsledek příliš velký vliv, protože chyba určení indexu lomu vzorku je mnohem větší (o řád) než případná chyba způsobená změnou teploty měřicího hranolu.

Chyba určení indexu lomu pevných vzorků byla poměrně nízká, pohybovala se okolo 0.03%. Nicméně chyby ostatních veličin počítaných za pomoci indexu lomu (Abbeovo číslo, disperze,...) byly poměrně velké, pohybovaly se okolo 4% až 10%.

Chyby indexu lomu měřených V-hranolem byly větší než v předchozím případě, ale stále poměrně malé. Pohybovaly se okolo 0.12%. Nicméně z grafu č. 4 je patrné, že námi naměřené hodnoty kopírují určitou závislost mnohem přesněji, než jsou chybové úsečky vynesené v grafu.

Závěr

Pro vzorek č. 5 jsme zjistili index lomu pro spektrální čáru d:

$$n_d = (1.6204 \pm 0.0005)$$

Dále jsme určili Abbeovo číslo, střední disperzi a relativní střední disperzi:

$$A = (36.1 \pm 1.3)$$

$$D = (0.0172 \pm 0.0006)$$

$$R = (0.70 \pm 0.03)$$

Porovnáním těchto hodnot s tabulkou 1.2.4 v [1] jsme došli k závěru, že se jedná o optické sklo F2 620/363.

Pro vzorek č. 9 byl zjištěn index lomu pro spektrální čáru d:

$$n_d = (1.5175 \pm 0.0004)$$

Abbeovo číslo, střední disperzi a relativní střední disperzi jsme určili jako:

$$A = (63 \pm 5)$$

$$D = (0.0082 \pm 0.0006)$$

$$R = (0.67 \pm 0.07)$$

Porovnáním s výše zmíněnou tabulkou jsme identifikovali vzorek jako optické sklo BK 7 516/640.

Index lomu kapaliny se se zvyšující se teplotou snižuje, což je v souladu s teoretickými předpoklady.

Literatura

- [1] Měření indexu lomu pevných látek a kapalin Pulfrichovým refraktometrem. *Fyzikální praktikum* [online]. [cit. 6.4.2017]. Dostupné z: http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/pokyny/mereni_310.pdf
- [2] Abbeovo číslo. *Wikipedie* [online]. [cit. 7.4.2017]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Abbeovo_%C4%8D%C3%ADslo