

1 Úkol

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 $20^\circ - 50^\circ$. 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.

2 Teorie

2.1 Index lomu

Index lomu charakterizuje optické vlastnosti látky. Je definován vztahem

$$N = \frac{c}{v}, \quad (1)$$

kde c je rychlost světla a v rychlost, kterou se světlo šíří danou látkou.

Při měření například za pomoci Pulfrichovým refraktorem se dá pro pevné látky určit metodou mezního úhlu. Vzorec pro výpočet indexu lomu je dle [1]

$$N = \sqrt{N_1^2 - \cos^2 \gamma}, \quad (2)$$

kde N_1 je index lomu použitého hranolu a γ měřený úhel.

Pro kapaliny se používá metoda vychylovací, pro který platí vztah

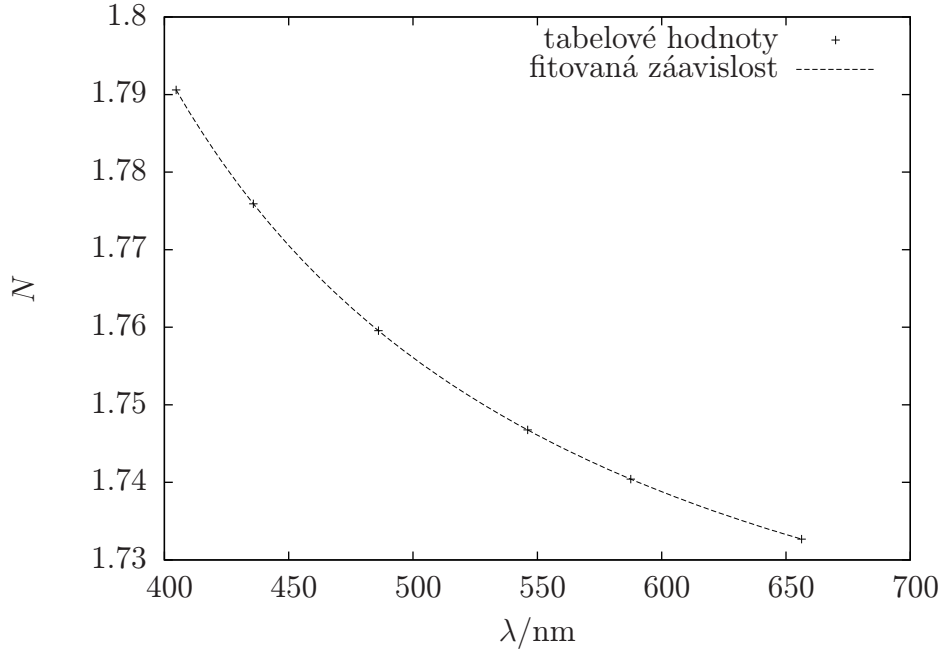
$$N = \sqrt{N_1^2 - \cos \gamma} \sqrt{N_1^2 - \cos^2 \gamma} \quad (3)$$

2.2 Abbeovo číslo

Abbeovo číslo je definováno

$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}, \quad (4)$$

kde n_D je index lomu pro vlnovou délku 589.2 nm, n_F pro 486.1 nm a n_C pro 656.3 nm.



Obrázek 1: Disperzní relace hranolu GoF3

3 Měření

3.1 Disperzní relace hranolu GoF3

Dle tabulky pro hranol GoF3 jsem vytvořil disperzní relace, která je na obrázku 1. Pro potřebu jiných spektrálních čar jsem této závislosti dofitoval křivku, která má předpis

$$N = (1.7335 \pm 0.0032) - (73.0 \pm 6.6)\frac{1}{x} + (79200 \pm 5100)\frac{1}{x^2} - (2.80 \pm 0.17)10^7\frac{1}{x^3} + (4.71 \pm 0.21)10^9\frac{1}{x^4}$$

3.2 Disperzní relace optických skel

Vzorky 3 a 9 jsem umístil na měřicí hranol a dle pokynů měřil mezní úhel pro jednotlivé čáry rtuťové výbojky a heliové trubice. Výsledky jsou v tabulkách 2, 1 spolu s tabelovými hodnotami vlnových délek čar a dopočteným indexem lomu. Z výsledků jsem sestavil disperzní relaci pro oba vzorky, která je na obrázcích 2 a 3. Nafitovaná křivka má předpis pro vzorek 9 předpis dle rovnice 7. Pro vzorek 3 předpis kvůli velikosti chyby neuvádím.

$$N_9 = (4.254 \pm 0.083) - (5500 \pm 160)\frac{1}{x} + (4.25 \pm 0.12)10^6\frac{1}{x^2} \quad (6)$$

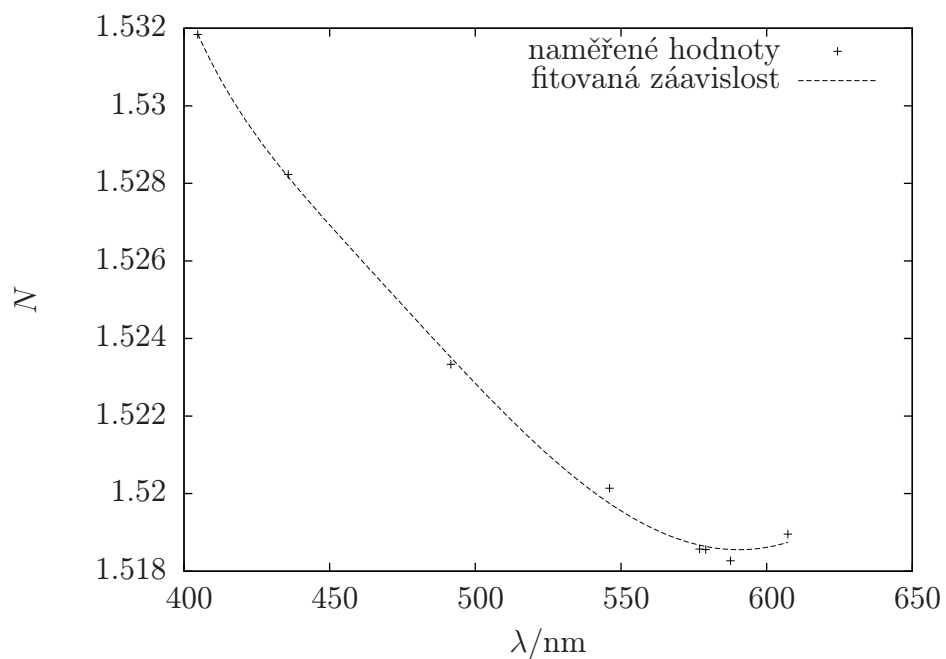
$$- (1.45 \pm 0.04)10^9\frac{1}{x^3} + (1.85 \pm 0.05)10^{11}\frac{1}{x^4} \quad (7)$$

filtr	φ	λ/nm	N_2
e	49°55.95'	546.1	1.6248 ± 0.0002
e	50°48.65'	607.3	1.6190 ± 0.0002
g	47°22.9'	435.8	1.6418 ± 0.0002
g	48°57.0'	491.6	1.6309 ± 0.0002
d	50°20.0'	579.1	1.6204 ± 0.0002
d	50°27.35'	587.6	1.6198 ± 0.0002

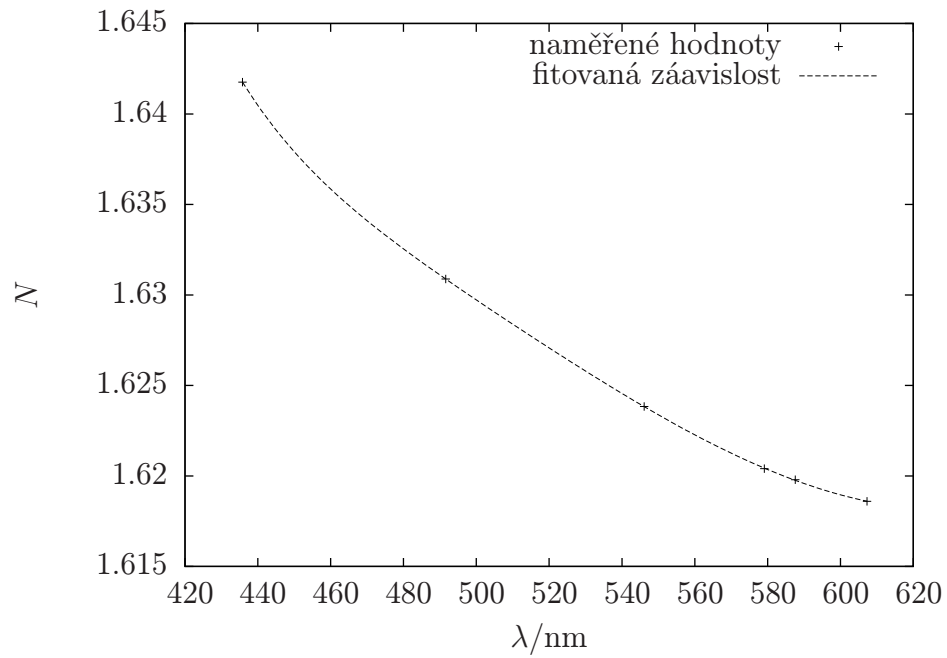
Tabulka 1: Tabulka pro měření vzorku 9

filtr	φ	λ/nm	N_2
e	30°38.2'	546.1	1.5201 ± 0.0002
e	32°23.3'	607.3	1.5190 ± 0.0002
g	28°37.5'	491.6	1.5233 ± 0.0002
g	25°13.5'	435.8	1.5282 ± 0.0002
h	21°59.75'	404.7	1.5318 ± 0.0002
F	31°25.6'	577.0	1.5186 ± 0.0002
F	31°29.45'	579.1	1.5186 ± 0.0002
h	31°41.85'	587.6	1.5183 ± 0.0002

Tabulka 2: Tabulka pro měření vzorku 3



Obrázek 2: Disperzní relace vzorku 3



Obrázek 3: Disperzní relace vzorku 9

	9	3
F-C	0.0128	0.0050
F-d	0.0120	0.0054
F-e	0.0078	0.0038
g-F	0.0101	0.0043
d-C	0.0008	-0.0004
F-d/F-C	0.936	1.081
F-e/F-C	0.609	0.761
g-F/F-C	0.787	0.855
d-C/F-C	0.064	-0.080

Tabulka 3: Střední a relativní disperze vzorků

t/°C	φ_1	N_1	φ_2	N_2	φ_3	N_3
22	36°10.0'	1.3843	40°47.85'	1.3641	41°32.75'	1.3618
26	36°4.0'	1.3839	40°45.0'	1.3639	41°30.5'	1.3616
29	35°45.45'	1.3825	40°26.8'	1.3623	41°10.8'	1.3600
32	35°28.7'	1.3813	40°14.9'	1.3613	41°1.5'	1.3591
35	35°12.9'	1.3802	39°58.3'	1.3600	40°43.2'	1.3576
38	34°46.4'	1.3783	39°39.1'	1.3584	40°26.85'	1.3562
41	34°33.3'	1.3774	39°25.7'	1.3573	40°12.0'	1.3550
44	34°17.6'	1.3763	39°15.05'	1.3565	40°3.45'	1.3543
47	34°5.75'	1.3755	39°2.4'	1.3554	39°48.7'	1.3531
50	33°46.35'	1.3741	38°49.95'	1.3544	39°38.8'	1.3522

Tabulka 4: Hodnoty z měření indexu lomu kapaliny v závislosti na teplotě.

Střední disperze a relativní disperze obou vzorků jsou v tabulce 3. Chyby těchto hodnot jsou 0.2 % pro střední disperzi a 0.4 % pro relativní disperzi.

Význačné hodnoty indexu lomu vzorků jsou pro srovnání s tabulkou

$$N_{d3} = (1.5185 \pm 0.0002)\text{nm} \quad (8)$$

$$N_{d9} = (1.6198 \pm 0.0002)\text{nm} \quad (9)$$

a Abbeovo číslo

$$V_3 = 103.0 \quad (10)$$

$$V_9 = 48.27 \quad (11)$$

Ve srovnání s tabulkou laboratorních skel se vzorek 3 jeví jako sklo BK 7 a vzorek 9 jako sklo F2.

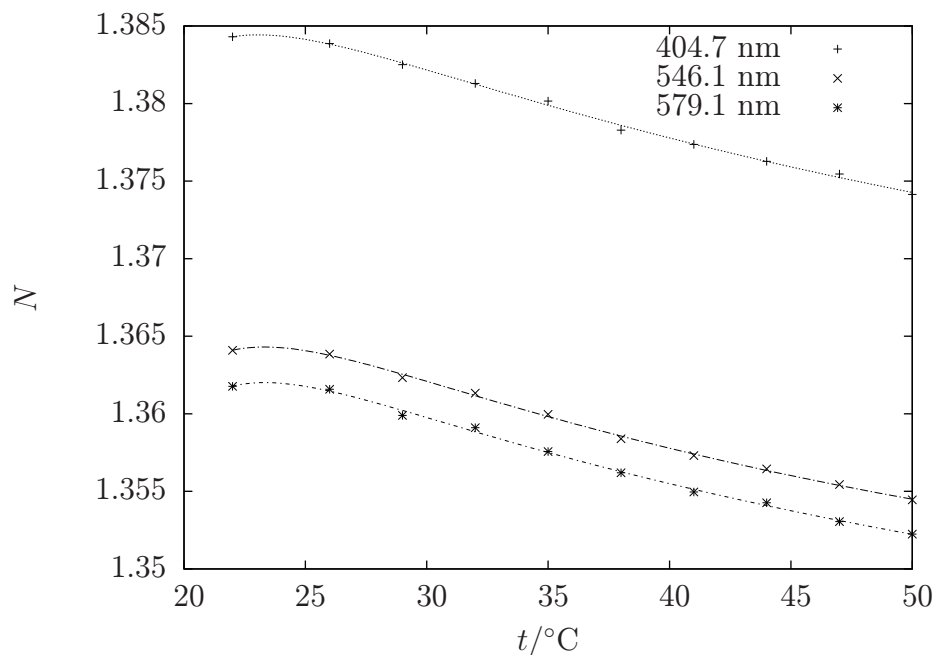
3.3 Závislost indexu lomu na teplotě

Mnou vybrané tři vlnové délky pro pozorování teplotní závislosti indexu lomu byly 404.7 nm, 546.1 nm a 579.1 nm. Hodnoty jsem odečítal přibližně po 3°C. Výsledky celého měření jsou v tabulce 4 a na obrázku 4.

Naměřené hodnoty odpovídají ethanolu, což potvrzuje i charakteristická vůně. (Jednalo se o vzorek 1)

3.4 Chyby

Dle teoretického výpočtu ze vzorců 2 a 3 mi nepřímá chyba výpočtu, za předpokladu, že N_1 mělo přesnost na poslední uvedenou cifru, zaokrouhleno na jednu platnou cifru 0.001 % resp. 0.002 %. Pro závislost na vlnové délce však získáme hodnotu o něco horší, protože určení její hodnoty je zatíženo relativně velkou chybou.



Obrázek 4: Teplotní závislost indexu lomu vzorku 1.

4 Diskuze

Celé měření je zatíženo velmi malou chybou. To především díky přesnosti konstant použitých při výpočtech a samotnou přesností Pulfrichova refraktometru, který měří s přesností na desetinu minuty. Výsledné závislosti vyšli v oblasti vyšších vlnových délek velmi dobře. Pro nižší hodnoty se projevil nedostatek měřených hodnot, který byl způsoben chybějící vodíkovou trubicí, která by přidala dvě podstatné hodnoty. Celé spektrum rtuťové výbojky jsem také mohl přesněji proměřit bez filtru, čímž bych získal hodnoty z červené oblasti. U vzorku 9 jsem totiž naměřil "zelené" čáry, avšak jsem zapoměl na použitý filtr a tak nejsem sto stanovit, o které čáry se jednalo. U kapaliny jsem zvolil metodu rychlého přechodu mezi teplotami a následné ponechání jemného topení na udržení teploty. Měření tak probíhalo vcelku rychle a v průběhu odečítání byla tepota vzorku v rozmezí čtvrt stupně celsia.

5 Závěr

Vynesl jsem disperzní křivku pro hranol GoF3, která je na obrázku 1. Proměřil jsem závislost indexu lomu vzorků na vlnové délce. Hodnoty jsou v tabulkách 2, 1 a závislosti na obrázcích 2, 3. Určil jsem střední a relativní disperzi vzorků. Výsledky jsou v tabulce 3. Vypočetl jsem Abbeovo číslo.

Určil jsem, že se jedná o vzorky BK 7 a F2.
Proměřil jsem teplotní závislost indexu lomu vzorku jedna.
Z naměřených hodnot jsem stanovil, že se jednalo o ethanol.

Reference

- [1] **Studijní text na praktikum III**
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_310.htm (6. 4. 2012)
- [2] **Studijní text na praktikum III**
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_309.htm (23. 3. 2012)
- [3] **Studijní text na praktikum III**
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_303.htm (10. 2. 2012)
- [4] *J. English: Zpracování výsledků fyzikálních měření*
LS 1999/2000
- [5] *prof. RNDr. Petr Malý, DrSc.: Optika*
Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum 2008, první vydání