

Úkol

1. Změřte index lomu a střední disperzi přiložené kapaliny v závislosti na koncentraci (stačí 5 různých koncentrací).
2. Změřte indexy lomu tří optických skel.
3. Změřte index lomu řádného paprsku a index lomu mimořádného paprsku přiloženého dvojlomného materiálu v závislosti na směru šíření světla.
4. Z měření v bodu 3. stanovte, zda jde o kladný či záporný jednoosý krystal.
5. U všech naměřených hodnot indexu lomu určete chybu nepřímého měření.

Teorie

Pro úkol 1 uijeme *dvouhranový refraktometr Abbeova typu* vybavený pro kompenzaci disperze bílého světla *Amiciho přímohledným hranolem*. Detailní popis soustavy lze nalézt v pokynech k měření [1].

Pro měření v úkolu 2 a 3 použijeme *Abbeův polokulový refraktometr*. Pro schéma a popis aparatury viz [1].

Snellův zákon lomu říká

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t, \quad (1)$$

kde n_i a n_t jsou indexy lomu prostředí oddělených rozhraním a θ_i a θ_t úhel dopadu resp. průchodu. Úhel θ_t měříme refraktometrem. Protože na vodorovnou plochu polokoule dopadá světlo pod úhlem $\frac{\pi}{2}$, redukuje se vztah na

$$n_i = n_t \sin \theta_t. \quad (2)$$

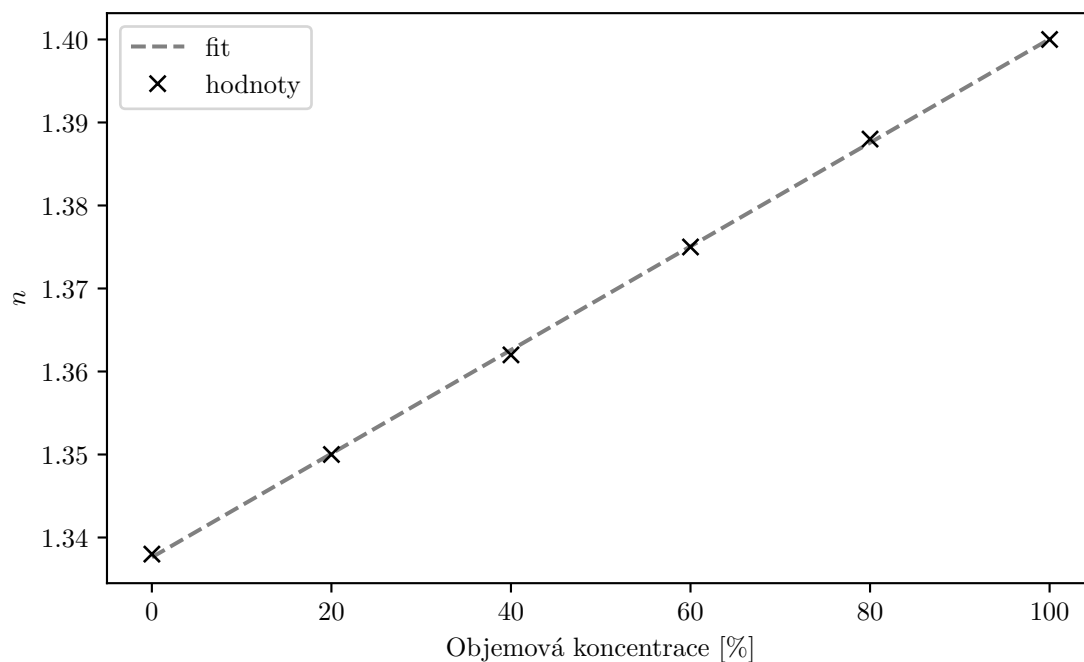
Výsledky

Úkol 1

Pomocí refraktometru jsme změřili indexy lomu roztoků s objemovými koncentracemi 0, 20, 40, 60, 80 a 100 %. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1 a vyneseny v grafu 1.

koncentrace [%]	n []	σ_n []
0	1,338	0,001
20	1,350	0,001
40	1,362	0,001
60	1,375	0,001
80	1,388	0,001
100	1,400	0,001

Tabulka 1: Naměřené hodnoty indexů lomu roztoků různých koncentrací



Obrázek 1: Závislost indexu lomu na koncentraci roztoku

Byla provedena lineární regrese přímkou se směrnicí

$$A = (6,24 \pm 0,05) \times 10^{-4}.$$

Úkol 2

Nejprve byl změřen index lomu polokoule bez vzorku. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 2.

otočení [°]	θ_t [°]	σ_{θ_t} [°]
0	34,62	0,12
45	34,53	0,12
90	34,33	0,12
180	34,37	0,12
225	34,43	0,12
270	34,63	0,12

Tabulka 2: Naměřené úhly průchodu polokoulí refraktometru bez vzorku

Dosazením aritmetického průměru hodnot z tabulky 2 do vztahu (2) získáme pro $n_i = 1$

$$n_{pk} = 1,766 \pm 0,003.$$

Následující tabulka obsahuje hodnoty úhlů průchodu tří vzorků skel. Chyba hodnot úhlů průchodu byla určena jako $0,12^\circ$.

otočení [°]	$\theta_{t,1}$ [°]	$\theta_{t,2}$ [°]	$\theta_{t,3}$ [°]
0	59,58	57,13	57,07
90	59,48	57,02	56,97
180	59,55	57,12	57,00
270	59,63	57,32	57,15

Tabulka 3: Naměřené úhly průchodu polokoulí refraktometru se třemi vzorky skla

Dosažením aritmetického průměru hodnot z tabulky 3 do vztahu (2) získáme

$$n_{i,1} = 1,523 \pm 0,001,$$

$$n_{i,2} = 1,484 \pm 0,001,$$

$$n_{i,3} = 1,482 \pm 0,001.$$

Úkol 3

Polokulovým refraktometrem byly naměřeny úhly průchodu pro řádný a mimořádný směr dvojlomného vzorku při různém natočení polokoule (tedy i vzorku). Výsledky zachycuje tabulka 4.

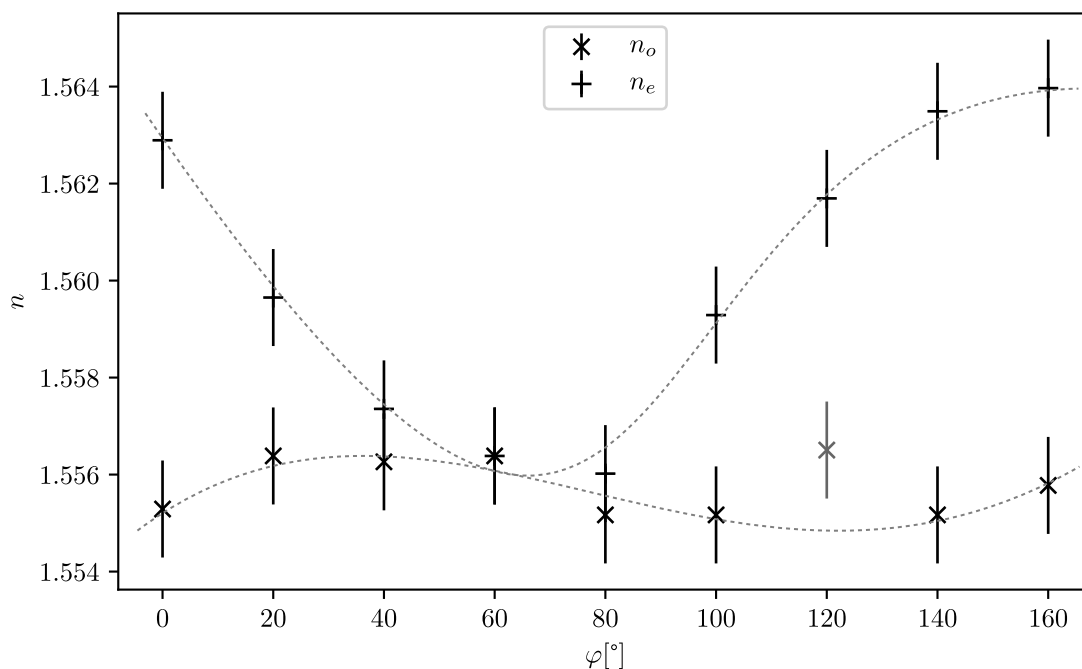
natočení [°]	$\theta_{t,o}$ [°]	$\theta_{t,e}$ [°]
0	61,77	62,30
20	61,87	62,10
40	61,87	61,88
60	61,87	61,87
80	61,70	61,72
100	61,63	61,93
120	61,70	62,08
140	61,57	62,15
160	61,63	62,20
180	61,67	62,18
200	61,72	61,93
220	61,70	61,83
240	61,72	61,72
260	61,72	61,82
280	61,78	62,05
300	61,90	62,23
320	61,85	62,42
340	61,87	62,43

Tabulka 4: Úhly průchodu pro dvojlomný vzorek

Hodnoty oddělené otočením 180° byly zprůměrovány a dosazeny do vztahu (2). Výsledky jsou uvedené v tabulce 5 a zobrazené v grafu 2. Chyba hodnot je 0,001.

otočení [°]	n_o □	n_e □
0	1,5553	1,5629
20	1,5564	1,5597
40	1,5563	1,5574
60	1,5564	1,5564
80	1,5552	1,5560
100	1,5552	1,5593
120	1,5565	1,5617
140	1,5552	1,5635
160	1,5558	1,5640

Tabulka 5: Spočtené hodnoty indexů lomu pro dvojlomný vzorek



Obrázek 2: Průběh řádného a mimořádného indexu lomu dvojlomného materiálu

Čárkované čáry v grafu slouží pouze jako vodítka pro oko, nevyjadřují analytickou závislost.

Úkol 4

Protože mimořádný index lomu je větší než řádný, jedná se o kladný krystal.

Diskuse

Z grafu 1 je vidět, že závislost indexu lomu na objemové koncentraci je s velkou přesností lineární.

Při měření indexu lomu skel bylo měřeno vždy několik hodnot úhlů při různém natočení vzorků. Tím se eliminoval vliv nedokonalostí tvaru skleněné polokoule refraktometru a jejího možného nedokonalého usazení. Při měření dvojlomného vzorku byly z tohoto důvodu průměrovány naměřené úhly s rozdílem otočení 180° .

Závěr

Byl změřen index lomu kapaliny v závislosti na koncentraci.

Byly změřeny indexy lomu skel

$$n_{i,1} = 1,523 \pm 0,001,$$

$$n_{i,2} = 1,484 \pm 0,001,$$

$$n_{i,3} = 1,482 \pm 0,001.$$

Byly naměřeny hodnoty řádného a mimořádného indexu lomu vzorku pro různé směry šíření světla. Vzorek je kladný jednoosý krystal.

Reference

- [1] Pokyny k měření “Měření indexu lomu refraktometry”, dostupné z http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/pokyny/mereni_309.pdf, 25. 4. 2018