

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktiku 2

Zpracoval: Radek Žemlička

Naměřeno: 26. listopadu 2009

Obor: F

Testováno:

Úloha č. 9: Závislost indexu lomu skla na vlnové délce.

$T = 21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Měření indexu lomu refraktometrem

$p = 855\text{ hPa}$

$\varphi = 65\text{ }^{\circ}$

1 Justace hranolu a měření lámavého úhlu

1.1 Teorie a způsob měření

Justace hranolu byla provedena následovně: Na goniometru byl položen hranol. Ten byl osvětlen pomocí kolimátoru rovnoběžným svazkem paprsků a pozorován dalekohledem. V dalekohledu byl vidět kromě nitkového (zaměřovacího) kříže také jeho obraz odražený od hranolu. Hranol byl pak vyvažován tak, aby horizontální složky obou křížů splynuly, a to při pohledu jak na jednu, tak na druhou stranu hranolu.

Po provedení justace hranolu je možné měřit lámavý úhel. Ten určíme tak, že budeme pozorovat dvě plochy hranolu tím samým zařízením, kterým se prováděla justace. Tentokrát však necháme splynou oba celé kříže v jeden a odečteme úhel, pod kterým stěny hranol takto pozorujeme. Není důležité kde začíná naše souřadná soustava, protože nás zajímá pouze rozdíl těchto dvou úhlů ψ_1 a ψ_2 . Pro lámavý úhel ω platí:

$$\omega = 180^{\circ} - (\psi_1 - \psi_2) \quad (1)$$

1.2 Měření

Měření bylo provedeno pro vedeno pětkrát pro souřadné soustavy s různým počátkem. Viz tabulku 1. Z naměřených hodnot bylo vypočítáno:

$$\omega = 60^{\circ}00'04'' \pm 0^{\circ}00'04''$$

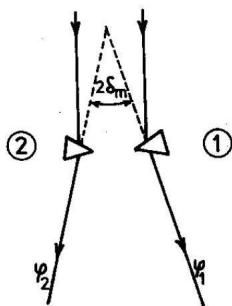
$\psi_1[^{\circ}:':'']$	$\psi_2[^{\circ}:':'']$	$\omega[^{\circ}:':'']$
63:33:34	303:33:34	60:00:00
63:33:32	303:33:36	60:00:04
63:33:30	303:33:36	60:00:06
63:33:32	303:33:39	60:00:07
63:33:32	303:33:36	60:00:04

Tabulka 1: Měření lámavého úhlu

2 Měření indexu lomu skla metodou minimální deviace pro různé spektrální čáry

2.1 Teorie a způsob měření

Pro každou ze spektrálních čar je nutné postupně hranol nastavit do polohy minimální deviace. Stolkem goniometru otáčímé a dalekohledem pozorujeme, že směr otáčení stolku je souhlasný se směrem otáčení čárového spektra. V určitém místě se spektrum zastaví a pak se pohybuje opačným směrem. Bod obratu odpovídá minimální deviaci δ_m pro vybranou spektrální čáru. Měření se provádí ve dvou souměrných polohách hranolu, viz obrázek 1.



Obrázek 1: Měření indexu lomu skla metodou minimální deviace

Pro minimální deviaci δ_m spektrální čáry o vlnové délce λ_i platí:

$$(\delta_m)_{\lambda_i} = \frac{(\psi_1)_{\lambda_i} - (\psi_2)_{\lambda_i}}{2} \quad (2)$$

Známe-li velikost lámavého úhlu hranolu a minimální deviaci pro danou vlnovou délku, můžeme pro tuto vlnovou délku vypočítat index lomu podle následujícího vztahu:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m}{2} + \frac{\omega}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\omega}{2}\right)} \quad (3)$$

2.2 Měření

Při měření byl použit hranol z předchozího měření a rtuťová zářivka. Měření shrnuje tabulka 2

$\lambda[nm]$	$\psi_1[^\circ:':\"]$	$\psi_2[^\circ:':\"]$	$\delta_m[^\circ:':\"]$	n
623,4	135:22:04	39:27:53	47:57:05,50	1,79881
579,1	135:40:55	39:08:39	48:16:08,00	1,80409
546,1	136:00:28	38:49:06	48:35:41,00	1,80952
491,6	136:42:41	38:07:52	49:17:24,50	1,82110
435,8	137:47:04	37:02:42	50:22:11,00	1,83908
404,6	138:38:18	36:09:43	51:14:17,50	1,85354

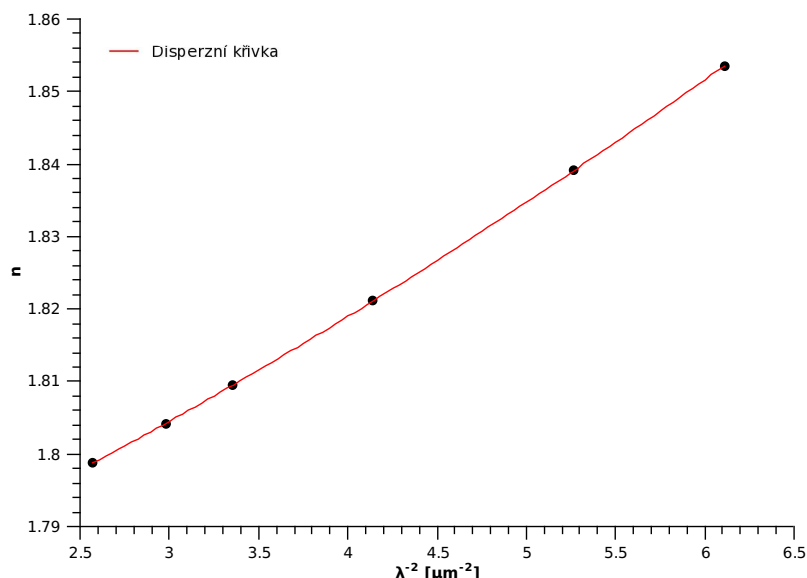
Tabulka 2: Měření indexu lomu skla

3 Určení materiálové konstanty, disperzní křivka

Všechny látky vykazují závislost lomu na vlnové délce světla λ . Tato závislost se nazývá disperze. V oblasti normální disperze je tato závislost popsána vztahem:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots \quad (4)$$

kde A , B , C jsou materiálové konstanty. Ke studiu disperze byl použit hranol z předchozích měření. Tabulka 2 nám tedy poskytuje údaje o závislosti indexu lomu na vlnové délce. Tyto hodnoty byly vyneseny do následujícího grafu na obrázku 2



Obrázek 2: Disperzní křivka je polynom druhého řádu, kde $x = \frac{1}{\lambda^2}$. Bylo vypočítáno: $y = 1,1786 + 0,0101x + 0,0006x^2$

Pomocí programu Microcal Origin byl graf numericky fitován polynomem. Z tohoto polynomu byly určeny materiálové konstanty:

$$A = 1,7686 \pm 0,0007$$

$$B = 0,0101 \pm 0,0003$$

$$C = 0,00062 \pm 0,00004$$

4 Určení indexu lomu dvou kapalin abbého refraktometrem

4.1 Teorie a způsob měření

Abbého kulový refraktometr využívá toho, že při osvětlení horní části polokoule se světelné paprsky dostanou jen do jisté části polokoule. Z vrcholového úhlu je možné určit index lomu zkoumané látky. Úhel byl určen dalekohledem, kterým bylo možno posouvat po povrchu polokoule. Nitkovým křížem byla určena hranice světla a tmy. U abbého refraktometru se tedy využívá Snellova zákona:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} \quad (5)$$

Z postavení skla refraktometru je jasné, že $\alpha = 90^\circ$ u všech měření. Pro všechny prostředí (a) tedy platí:

$$n_r = \frac{n_a}{\sin \beta_a} \quad (6)$$

kde n_r je index lomu skla refraktometru, n_a je index lomu prostředí (a) a β_a je mezní úhel pro prostředí (a). Pokud tedy na refraktometru změříme mezní úhly pro dvě prostředí (k,l) a budeme znát index lomu jednoho z nich, potom můžeme určit i index lomu druhého podle vztahu:

$$n_k = n_l \cdot \frac{\sin \beta_k}{\sin \beta_l} \quad (7)$$

využijeme tohoto vztahu a jako první prostředí si zvolíme vzduch, kde víme, že index lomu vzduchu se příliš neliší od indexu lomu vakua ($n_{vakua} = 1$). Index lomu vzduchu n_v položíme tedy roven 1. Vztah (2) potom bude vypadat takto:

$$n_a = \frac{\sin \beta_a}{\sin \beta_v} \quad (8)$$

kde β_v je mezní úhel pro vzduch a β_a mezní úhel pro prostředí (a).

4.2 Měření

$\beta_{vzduch} [^\circ:']$	$\beta_{C_3H_8O} [^\circ:']$	$\beta_{H_2O} [^\circ:']$	$n_{C_3H_8O}$	n_{H_2O}
34:12	51:00	49:00	1,491	1,433
34:35	51:15	49:10	1,482	1,422
35:39	52:16	50:10	1,466	1,407
36:35	53:08	51:08	1,452	1,398
36:18	52:49	50:45	1,455	1,398

Tabulka 3: Měření indexu lomu dvou kapalin abbého refraktometrem

Měření shrnuje tabulka 3. Z naměřených hodnot bylo vypočítáno:

$$\beta_{vzduch} = 35^\circ 27' \pm 28'$$

$$\beta_{C_3H_8O} = 52^\circ 05' \pm 25'$$

$$\beta_{H_2O} = 50^\circ 02' \pm 25'$$

$$n_{C_3H_8O} = 1,47 \pm 0,01$$

$$n_{H_2O} = 1,41 \pm 0,01$$

Dále byl měřen index lomu vody a isopropylalkoholu v dvouhranovém refraktometru.

$$n_{C_3H_8O} = 1,377 \pm 0,001$$

$$n_{H_2O} = 1,333 \pm 0,001$$

5 Závěr

Metodou nitkového kříže jsem změřil lámavý úhel hranolu. Naměřil jsem $\omega = 60^\circ 00' 04'' \pm 0^\circ 00' 04''$, což velice dobře odpovídá tomu, že hranol měl být rovnostranný. Metodou minimální deviace byl měřen index lomu skla nejméně pro šest spektrálních čar rtuti. Index lomu hranolu je podle očekávání vyšší pro el. mag. vlnění s nižší vlnovou délkou. Měření pomocí automatického refraktometru odpovídá tabulkovým hodnotám, avšak měření pomocí Abbého kulového refraktometru nikoli. Důvod je pravděpodobně v systematické chybě způsobené špatným stavem přístroje.