

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Zpracoval: Jakub Jedlička

Naměřeno: 4. 11. 2022

Obor: Bi, F Ročník: 3. Semestr: 3.

Testováno:

Úloha č. 9: **Měření závislosti indexu lomu skla a vlnové délce metodou
T = 22,5°C minimální derivace**
p = 973 hPa
φ = 55 %

1. Úvod

V této úloze budeme měřit optické vlastnosti optického hranolu (**N-sk2**). Nejprve změříme lámavý úhel a následně pro určité vlnové délky derivace a jejich indexy lomu. Z proložení těchto výsledků funkcí jsme pak měli určit Abbeovo číslo.

2. Teorie

Při stanovení indexu lomu hranolu se dá použít metoda minimální derivace. Pro to aby se tato metoda mohla použít, je za potřebí znát vlastnosti lámavého úhlu hranolu. To je úhel, který svírají dvě sousední stěny, kterými vstupuje a vystupuje paprsek světla. Tento úhel jde určit na základě úhlu, který spolu svírají paprsky kolmé na každou stěnu. K vypočítání lámavého úhlu se pak používá vztah

$$\omega = 180 - (\psi_1 - \psi_2) \quad 1)$$

Kde ω je samotný lámavý úhel a $\psi_{1,2}$ jsou polohy kolmých úhlů na goniometru.

Dále je potřeba úhel minimální derivace, což je minimální úhel mezi vstupujícím a vystupujícím paprskem světla z hranolu. Ten se určí na základě znalosti úhlů získaných měření na jedné a druhé straně hranolu. Je důležité měření provádět pro určitou vlnovou délku světla, protože derivace se pro každou vlnovou délku liší. Tato derivace se dá vypočítat pomocí tohoto vztahu.

$$\delta_m = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \quad 2)$$

Kde δ_m je samotná minimální derivace a $\varphi_{1,2}$ jsou naměřené úhly pro jednotlivé stěny. Ze znalosti těchto hodnot zjistíme index lomu materiálu pomocí tohoto vztahu.

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

Index lomu látky je obecně závislý na vlnové délce světla, tomuto jevu se říká disperze. Je způsobena závislostí rychlosti šíření světla na frekvenci. Právě kvůli disperzi platí, že s klesající vlnovou délkou roste deviace, tím i index lomu. Toto se dá popsat Cauchyho vztahem.

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

Pomocí tohoto vztahu lze dále vypočítat Abbeovo číslo. To je parametr, který se často udává pro popis optických soustav. Abbeovo číslo se zjišťuje z indexu lomu takzvaných Fraunhoferových čar, což jsou čáry o vlnové délce $\lambda_d = 587,6$ nm, $\lambda_c = 656,3$ nm a $\lambda_F = 486,1$ nm. Poté lze Abbeovo číslo vyjádřit pomocí tohoto vztahu.

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

Kde v_d je Abbeovo číslo, $n_{d,F,C}$ jsou indexy lomu, které odpovídají jednotlivým vlnovým délkám.

3. Zpracování měření

Pro výpočet lámavého úhlu využiju vztah 1)

$\Phi_1 [^\circ]$	$\Phi_2 [^\circ]$	$\omega [^\circ]$
279,5963	144,5989	45,0026
275,8811	140,8794	44,9983
280,7911	145,7899	44,9988
272,0366	137,0358	44,9992
274,7664	139,7844	45,0180

Tabulka 1. Naměřené úhly a k nim dopočítaný lámavý úhel hranolu

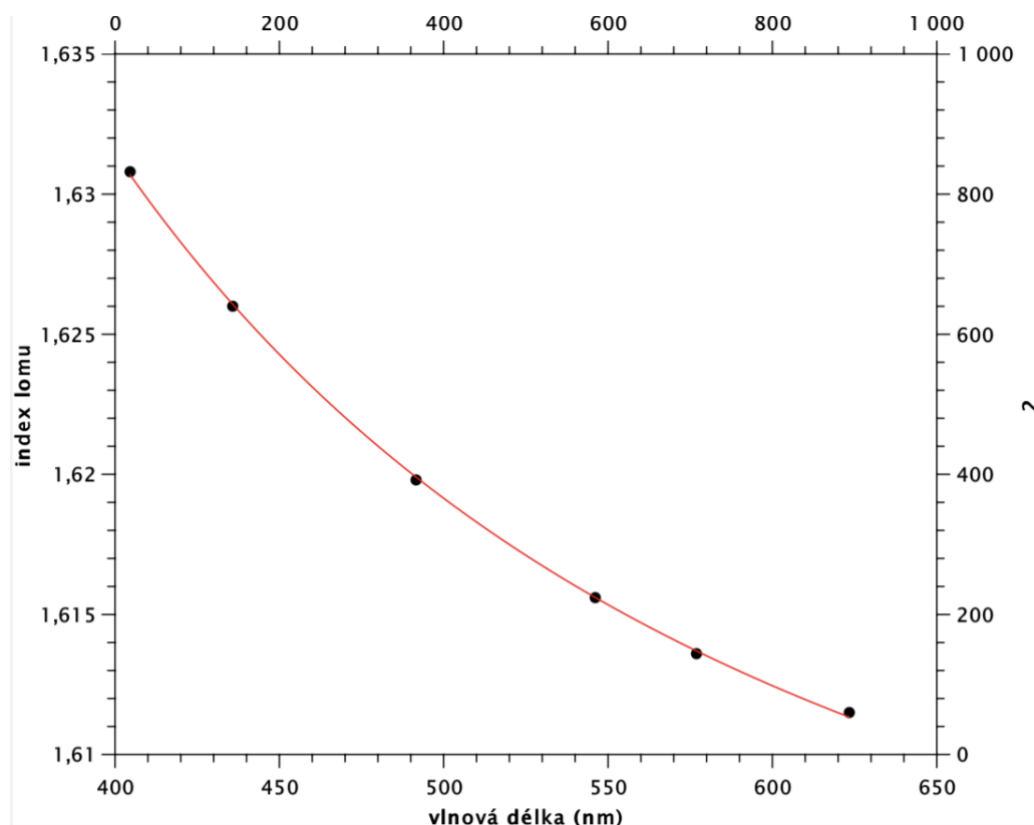
Lámavý úhel $\omega = 45,0034(83)$

Dále pro výpočet úhlu minimální deviace použijeme vzorec 2) a pro výpočet indexu lomu použijeme vzorec 3). Nejistoty jsem zjistil ze zákona přenosu nejistot.

BARVA	λ [nm]	$\Phi_1 [^\circ]$	$\Phi_2 [^\circ]$	$\delta_m [^\circ]$	n
červená	623,4	239,3681	177,0661	31,1510(11)	1,6115(1)
žlutá	576,9	239,4850	176,9433	31,2709(11)	1,6136(1)
zelená	546,1	239,5927	176,8352	31,3788(11)	1,6156(1)
modrozelená	491,6	239,8231	176,5894	31,6169(11)	1,6198(1)
modrá	435,8	240,1575	176,2301	31,9637(11)	1,6260(1)
fialová	404,6	240,4113	175,9483	32,2315(11)	1,6308(1)

Tabulka 2. naměřené úhly, deviace a indexy lomu pro jednotlivé vlnové délky

Dále námi spočtené indexy lomu vložíme do grafu v závislosti vlnových délek jednotlivých barev. A tento graf proložíme funkcí $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$



graf 1. Závislost indexu lomu na vlnové délce

Po proložení touto funkcí, nám vyšly tyto výsledky a z nich jsme následně určili indexy lomu pro vlnové délky Fraunhoferových čar. Nejistoty byly určeny ze zákona šíření nejistot.

$$A = 1,5973 \pm 3,208e-4$$

$$B = 5473,4 \pm 472$$

$$n_d = 1,6132(0,0005)$$

$$n_c = 1,6100(0,0005)$$

$$n_F = 1,6205(0,0006)$$

Po použití indexů lomu, které jsme si vypočítali v předchozí části úlohy můžeme spočítat Abbeovo číslo skla pro námi měřený hranol (N-sk2). Abbeovo číslo vypočítáme pomocí vztahu 5).

$$v_d = 58(4)$$

4. Závěr

V první části jsem vypočítal lámavý úhel optického hranolu N – sk2. Ten mi vyšel jako $\omega = 45,0034(83)$. Podle malé nejistoty usuzuji, že výsledek je relativně hodně přesný.

Poté jsem pro optické čáry rtuťové výbojky určil deviace a následně i index lomu. Tyto hodnoty jsem poté zavedl do grafu v závislosti na vlnové délce jednotlivých barevných čar. Z grafu plyne, že s zvyšujícím se indexem lomu se snižuje vlnová délka čar.

Proložení grafem funkcí $n = A + B/x^2$ jsem následně zjistil indexy lomu Fraunhoferových čar, které vyšly $n_d = 1,6132(0,0005)$, $n_c = 1,6100(0,0005)$, $n_F = 1,6205(0,0006)$. Abbeovo číslo mi vyšlo $v_d = 58(4)$. Při porovnání s tabulkovými hodnotami (<https://www.schott.com/shop/advanced-optics/en/Optical-Glass/N-SK2/c/glass-N-SK2>) vidím, že se mé měření je relativně přesné.