

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 2

Zpracoval: Tomáš Plšek

Naměřeno: 17. října 2017

Obor: Astrofyzika **Ročník:** II **Semestr:** III

Testováno:

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

Povinná část:

1. Měřený hranol postavte na stoleček goniometru tak, aby jeho lámavé plochy byly zhruba proti stavěcím šroubům.
2. Proveďte justování hranolu metodou zrcadlení nitkového kříže.
3. Změřte lámavý úhel hranolu.
4. Změřte úhly minimální deviace pro čtyři spektrální čáry rtuti v obou polohách hranolu.
5. Vypočítejte index lomu ze vztahu (1) pro každou spektrální čáru pomocí obrázků 1,2 nebo jí přiřaďte vlnovou délku λ .
6. Vyneste do grafu závislost indexu lomu na vlnové délce světla a proložte ji Cauchyho vztahem (2).

Povinně volitelná část (varianta B):

1. Na dvojhranolovém refraktometru určete index lomu dvou kapalin z měření v prošlém světle.
2. Měření proveďte v monochromatickém i bílém světle. V případě bílého světla využijte funkce barevného kompenzátoru.

1. Teoretický úvod

U těles ve tvaru hranolu můžeme jejich index lomu měřit metodou minimální deviace. Paprsek vstupující do hranolu se po dvojím lomu na stěnách svírajících lámavý úhel ω odchýlí o deviační úhel δ . Hodnota deviace obecně závisí na indexu lomu hranolu, lámavém úhlu a úhlu α , pod kterým paprsek do hranolu vstupuje. Lze však najít určitý úhel α , ve kterém bude hodnota deviace minimální δ_m a pro index lomu, lámavý úhel a deviaci bude platit vztah:

$$n = \frac{\sin([\delta_m + \omega]/2)}{\sin(\omega/2)}. \quad (1)$$

Index lomu však závisí i na vlnové délce lámaného paprsku (disperze). Například ze spektrálních čar rtuťové výbojky jsme pak schopni pro úzkou část spektra tento průběh pro zjisit. Teoreticky můžeme tuto závislost popsat Cauchyho vztahem:

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

barva	vlnová délka (nm)	označení v obrázku 1
fialová	404,6	1
fialová	407,8	2
modrá	435,8	3
modrozelená	491,6	4
zelená	546,1	5
žlutá	576,9	6
žlutá	579,1	7
červená	623,4	8

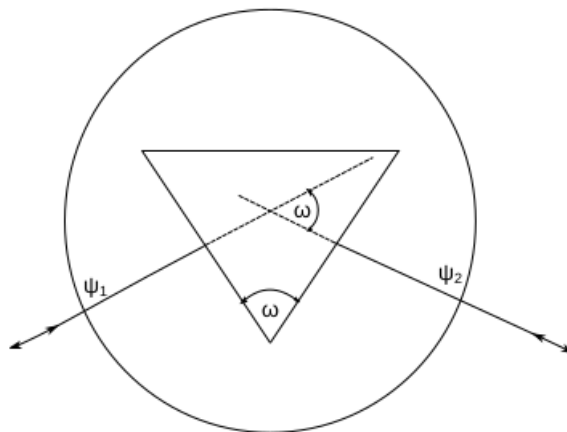


Obrázek 1, 2: Vlnové délky vybraných spektrálních čar rtuťové výbojky.

1.1. Určení lámavého úhlu hranolu

Nastavením lámavých ploch kolmo na optickou osu dalekohledu provedeme justaci hranolu. Lámavý úhel hranolu určíme tak, že změříme úhel jež spolu svírají paprsky kolmé k lámavým plochám (obrázek 3). Měříme-li na goniometru polohy kolmého paprsku, pro úhel mezi kolmicemi platí $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ a lámavý úhel je tedy roven:

$$\omega = 180^\circ - (\phi_1 - \phi_2). \quad (3)$$

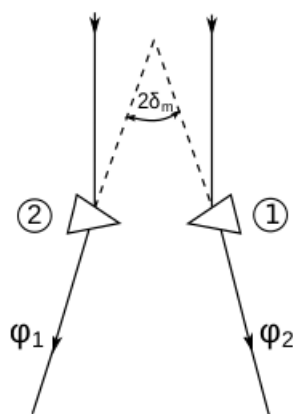


Obrázek 3: Lámavý úhel hranolu.

1.2. Určení minimální deviace

Měření provedeme pro každou spektrální čáru rtuti v bodě obratu paprsků. Nejprve změříme pro všechny spektrální čáry úhlovou polohu ϕ_1 vystupujícího paprsku, který vstupuje do hranolu jeho první lámavou plochou (obrázek 4). Následně hranol otočíme tak, aby světelný paprsek vstupoval jeho druhou lámavou plochou a opět měříme úhlovou polohu ϕ_2 . Pro minimální deviaci pak platí vztah:

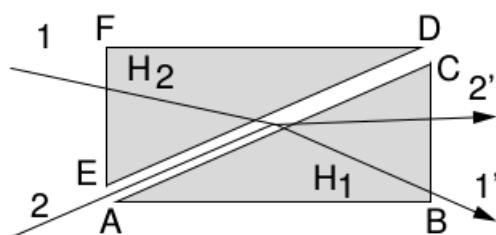
$$\delta_m = (\phi_1 - \phi_2)/2 \quad (4)$$



Obrázek 4: Měření minimální deviace.

1.3. Měření indexu lomu dvojhnaným refraktometrem

Na plochu AC (obrázek 5) nanese malé množství zkoumané kapaliny. Na plochu EF přivedeme paprsek bílého a následně monochromatického světla. Na ploše ED se paprsek rozptýlí a vchází do měřené kapaliny, z níž následně vystupuje hranou BC , kterou pozorujeme dalekohledem. Na měřicím přístroji se nachází stupnice, která nám dává přímo hodnoty indexů lomu.



Obrázek 5: Dvojhnaný refraktometr.

2. Měření

2.1. Měření lámavého úhlu

Tabulka 1: Měření lámavého úhlu hranolu.

$\psi_1 [^\circ]$	$\psi_2 [^\circ]$	$\omega [^\circ]$
$270^\circ 0' 31''$	$150^\circ 0' 37''$	$60^\circ 0' 6''$
$264^\circ 12' 13''$	$144^\circ 12' 26''$	$60^\circ 0' 13''$
$262^\circ 22' 7''$	$142^\circ 22' 20''$	$60^\circ 0' 13''$
$258^\circ 28' 28''$	$138^\circ 28' 49''$	$60^\circ 0' 21''$
$253^\circ 58' 19''$	$133^\circ 58' 38''$	$60^\circ 0' 19''$

Lámavý úhel $\omega = 60^\circ 0' 14'' \pm 0^\circ 0' 6''$.

2.2. Měření minimální deviace pro dané spekt. čáry

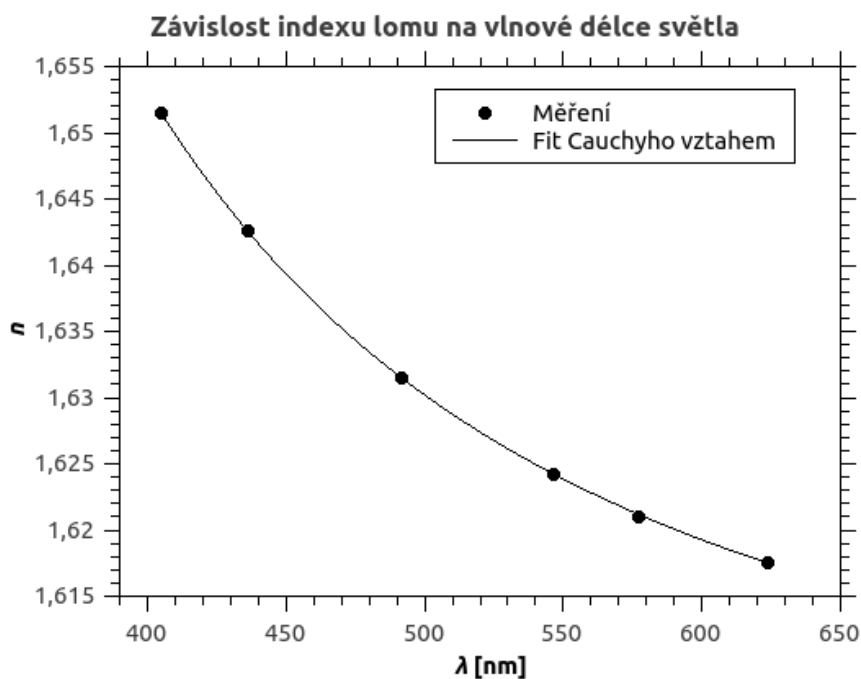
Tabulka 2: Měření minimální deviace pro jednotlivé barvy (spekt. čáry).

barva	ϕ_1 [°]	ϕ_2 [°]	δ_m [°]
červená I	256° 37' 23"	160° 41' 26"	47° 57' 58"
žlutá II	256° 58' 15"	160° 21' 21"	48° 18' 27"
zelená	257° 17' 59"	160° 3' 11"	48° 37' 24"
modrozelená	258° 0' 48"	159° 20' 55"	49° 19' 56"
modrá	259° 8' 20"	158° 15' 21"	50° 26' 29"
fialová II	260° 3' 32"	157° 22' 6"	51° 20' 43"

2.3. Určení indexu lomu světla

Tabulka 3: Index lomu pro dané spektrální čáry.

barva	λ [nm]	n
červená I	623,4	1,618
žlutá II	576,9	1,621
zelená	546,1	1,624
modrozelená	491,6	1,632
modrá	435,8	1,643
fialová II	404,6	1,652



Graf 1: Závislost indexu lomu na vlnové délce proložená Cauchyho vztahem.

2.4. Index lomu kapalin pomocí dvojhran. refraktometru

Tabulka 4: Index lomu kapalin, kde n_m je pro monochromatické světlo a n_b pro světlo bílé.

kapalina	n_m	n_b
voda	1,336	1,336
izopropylalkohol	1,375	1,375

3. Závěr

Po úspěšné justaci hranolu jsem provedl měření jeho lámavého úhlu. Lámavý úhel hranolu jsem stanovil na hodnotu $\omega = 60^\circ 0' 14'' \pm 0^\circ 0' 6''$, což docela dobře odpovídá očekávané hodnotě 60° v případě rovnostranného hranolu.

Pro vybrané spektrální čáry (obrázek 2 - čáry: 1, 3, 4, 5, 6, 8) jsem určil minimální deviace viz tabulka 2. Ze znalosti lámavého úhlu a minimální deviace daných čar jsem určil indexy lomu pro jednotlivé spektrální čáry, proložil jsem je Cauchyho vztahem (2) a získal jsem materiálové konstanty $A = 1,598 \pm 0,001$, $B = (6,5 \pm 0,2) \cdot 10^3 \text{ nm}^2$ a $C = (3,6 \pm 0,3) \cdot 10^8 \text{ nm}$.

Pomocí refraktometru jsem určil indexy lomu vody a izopropylalkoholu v bílém i monochromatickém světle (viz tabulka 4). Indexy pro bílé i monochromatické světlo vyšli na nejnížší měřitelnou hodnotu stejně. Oba indexy dost dobře odpovídají tabulkovým hodnotám - voda $n = 1,33$ [1], izopropylalkohol $n = 1,377$ [2].

4. Zdroje

[1] CONVERTER. Převody jednotek, fyzikální tabulky; Index lomu, Index lomu vody. Dostupný z <http://www.converter.cz/tabulky/index-lomu.htm>.

[2] P-LAB. Katalog, Laboratorní chemie, Rozpouštědla; ISOPROPYLALKOHOL ROTISOLV HPLC, Index lomu. Dostupný z <https://www.p-lab.cz/katalog/isopropylalkohol-rotisolv-hplc> 2954p.