

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 2

Zpracoval: Jan Beran

Naměřeno: 19. listopadu 2018

Obor: UF

Skupina: F3240/01

Testováno:

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

$T = 22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ **Refraktometr**

$p = 988\text{ hPa}$

$\varphi = 48\text{ }^{\circ}$

1. Povinná část

- Měřený hranol postavte na stoleček goniometru tak, aby jeho lámavé plochy byly zhruba proti stavěcím šroubům.
- Proveďte justování hranolu metodou zrcadlení nitkového kříže.
- Změřte lámavý úhel hranolu.
- Změřte úhly minimální deviace pro čtyři spektrální čáry a pomocí tabulky z návodu jí přiřadte vlnovou délku.
- Vyneste do grafu závislost indexu lomu na vlnové délce světla a proložte ji Cauchyho vztahem.

1.1. Teorie

Lámavým úhlem hranolu ω je úhel jenž svírají jeho sousední stěny, kterými vstupuje paprsek. Tento lámavý úhel můžeme určit pomocí goniometru tak, že nalezneme polohy s úhly ψ_1 a ψ_2 , kde je paprsek kolmý k lámavým plochám a odráží se tak přesně zpět. Pro lámavý úhel pak platí

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

Minimální odchylka vstupujícího a vystupujícího paprsku se nazývá minimální deviace a značí se δ_m . Najdeme ji jako bod obrat vstupujícího paprsku při monotóní změně úhlu dopadu. V praxi ovšem nemůžeme měřit úhlovou polohu vstupujícího paprsku, proto měříme úhlovou polohu vystupujících paprsků ϕ_1 a ϕ_2 , které vstupují do jedné a druhé lámavé plochy. Minimální deviace se pak spočte jako

$$\delta_m = \frac{(\phi_1 - \phi_2)}{2} \quad (2)$$

Pakliže již máme lámavý úhel hranolu a minimální deviaci pro danou spektrální čáru, můžeme určit index lomu hranolu pro vlnovou délku dané spektrální čáry a to vzorcem

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

Závislost indexu lomu na vlnové délce teoreticky popisuje Cauchyho vztah

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

kde A, B, C jsou konstanty pro daný materiál, ze kterého je hranol vyroben.

1.2. Postup měření

Postavil jsem hranol, na kterém jsem následně po celou dobu měřil, mezi šrouby goniometru. Nalezl jsem a změřil jsem pětkrát úhly ψ_1 a ψ_2 tak, že jsem otočil kukátko goniometru přímo do nejasnějšího světla odraženého od plošek hranolu. (Světlo mělo zdroj v onom kukátku.)

1.3. Naměřené hodnoty

Tabulka 1: Naměřené hodnoty úhlů ϕ_1 , ϕ_2 a

ψ_1 [rad]	ψ_2 [rad]	Barva	ϕ_1 [rad]	ϕ_2 [rad]
4,6048	2,5105	Červená	2,7994	4,4733
4,5021	2,4078	Žlutá	2,7939	4,4793
4,4439	2,3495	Zelená	2,7883	4,4847
4,3648	2,2706	Modrozelená	2,7760	4,4968
4,3078	2,5626	Modrá	2,7572	4,5154
		Fialová	2,7420	4,5305

1.4. Zpracování měření

Lámaný úhel ω spočteme ze vztahu (1).

Tabulka 2: Vypočtené hodnoty lámavého úhlu.

Č. m.	ω [rad]
1	1,0473
2	1,0473
3	1,0472
4	1,0474
5	1,3964

Jak je vidět, tak poslední měření se výrazně odlišuje od měření ostatních. To mohlo být dosti pravděpodobně způsobeno hrubou chybou, a proto ho v dalším zpracování měření nebudu uvažovat. Dostáváme tedy hodnoty lámavého úhlu ω jako:

$$\omega = (1,0473 \pm 0,0001) \quad (5)$$

Dále pomocí vztahu (2) určíme minimální deviaci a dopočteme vztahem (??) index lomu pro danou spektrální čáru. Doplníme z tabulky ve skriptech i její vlnovou délku. Vzhledem k přesnosti minulého měření určíme nejistotu měření jednotlivých úhlů jako 0,0001 rad.

Nejistotu minimální deviace určíme ze zákona přenášení nejistot jako:

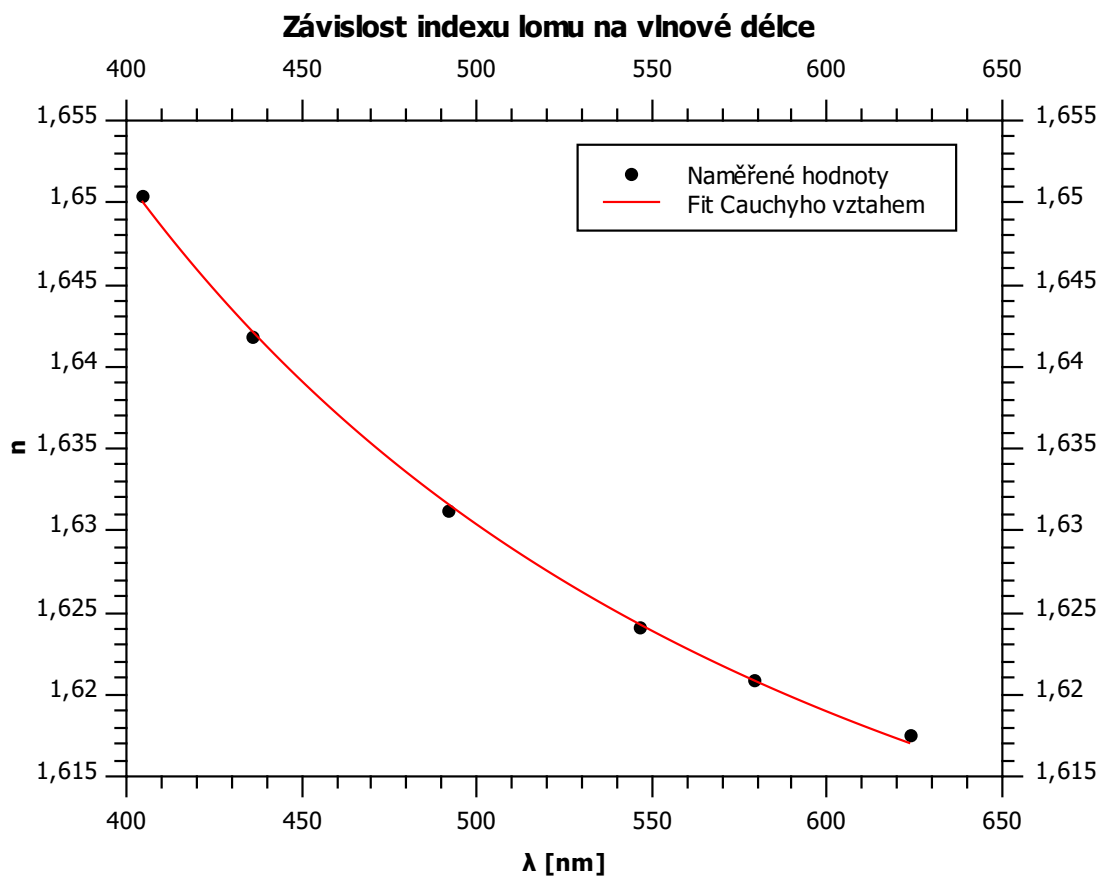
$$u(\delta_m) = \frac{1}{2} \sqrt{u^2(\phi_1) + u^2(\phi_2)} \quad (6)$$

Nejistotu indexu lomu pro jednotlivé spektrální čáry určíme ze zákona přenášení nejistot jako:

$$u(n) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\cos\left(\frac{\delta_m + \omega}{2}\right)^2 u(\delta_m)^2}{\sin^2\left(\frac{\omega}{2}\right)} + \left(\frac{\cos\left(\frac{\delta_m + \omega}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\omega}{2}\right)} - \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \omega}{2}\right) \cos\left(\frac{\omega}{2}\right)}{\sin^2\left(\frac{\omega}{2}\right)}\right)^2 u(\omega)^2} \quad (7)$$

Tabulka 3: Vypočtené hodnoty minimální deviace δ_m , indexu lomu pro jednotlivé spektrální čáry zjištěné hodnoty vlnových délek.

Barva	δ_m [rad]	n	λ [nm]
Červená	$(0,8370 \pm 0,0001)$	$(1,6175 \pm 0,0001)$	623,4
Žlutá	$(0,8427 \pm 0,0001)$	$(1,6209 \pm 0,0001)$	579,1
Zelená	$(0,8482 \pm 0,0001)$	$(1,6241 \pm 0,0001)$	546,1
Modrozelená	$(0,8604 \pm 0,0001)$	$(1,6312 \pm 0,0001)$	491,6
Modrá	$(0,8791 \pm 0,0001)$	$(1,6419 \pm 0,0001)$	435,8
Fialová	$(0,8943 \pm 0,0001)$	$(1,6505 \pm 0,0001)$	404,6



Obrázek 1: Graf závislosti indexu lomu na vlnové délce, který je proložený křivkou, která je definována Cauchyho vztahem.

Graf jsem vytvořil s pomocí programi QtiPlot, ve kterém jsem také proložil hodnoty Cauchyho vztahem. Pro koeficienty A, B a C přičemž platí:

$$A = (1,5930 \pm 0,0007) \quad (8)$$

$$B = (9334 \pm 161) \text{ mm}^2$$

$$C = (1 \pm 0) \text{ mm}^4$$

2. Povinně volitelná varianta B

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

2.1. Teorie

Dvojhranolový refraktometr se skládá ze dvou hranolů s vysokým indexem lomu. Na jejich rozhraní se nanese zkoumaná kapalina a následně se jejich rozhraní přivře těsně k sobě. Měření kapaliny je realizováno pomocí paprsku (nejlépe monochromatického světla, kterého může být docíleno například sodíkovou výbojkou), který do soustavy vchází jednou vyleštěnou stěnou hranolu a po lomu ve vzorku vychází stěnou druhou, přičemž tuto plochu pozorujeme dalekohledem.

Pakliže není světlo monochromatické, je možné použít kompenzátor, kterým je tento přístroj vybaven. Jedná se o dva Amiciovy hranoly. Činnost kompenzátoru spočívá v tom, že se do optické soustavy přivede

2.2. Postup měření

Na měřicí hranol jsem nanesl malé množství kapaliny (vody a následně isopropylalkoholu) a velmi rychle je přivřel k sobě, aby tekutina neunikla. Šroubem na pravé straně přístroje, který slouží k otáčení hranolu, jsem nastavil rozhraní světlo – tma. Toto rozhraní jsem nastavil co nejpřesněji do průsečíku nitkového kříže. Dále už jsem pouze odečetl hodnotu indexu lomu. Toto měření jsem provedl jak proti monochromatickému světlu, tak dennímu světlu, kde jsem využil kompenzátoru. Hodnoty indexu lomu vyšli naprosto stejně a proto dále uvádím jenom hodnotu jednu.

2.3. Naměřené hodnoty

Naměřil jsem index lomu pro dvě kapaliny, pro isopropylalkohol n_l a vodu n_v .

$$n_v = (1,3325 \pm 0,5) \quad (9)$$

$$n_l = (1,3370 \pm 0,5) \quad (10)$$

3. Závěr

V povinné části jsem měřil lámaný úhel hranolu a minimální deviace pro spektrální čáry rtuťové výbojky. Nejistoty měření my vyšli dosti malé a to z důvodu velmi přesného přístroje.

Proložením závislosti indexu lomu na vlnové délce Cauchyho vztahem z obrázku 1 vyšli konstanty A, B, C jako

Tabulka 4: Vypočtené hodnoty minimální deviace δ_m , indexu lomu pro jednotlivé spektrální čáry zjištěné hodnoty vlnových délek.

Barva	δ_m [rad]	n	λ [nm]
Červená	$(0,8370 \pm 0,0001)$	$(1,6175 \pm 0,0001)$	623,4
Žlutá	$(0,8427 \pm 0,0001)$	$(1,6209 \pm 0,0001)$	579,1
Zelená	$(0,8482 \pm 0,0001)$	$(1,6241 \pm 0,0001)$	546,1
Modrozelená	$(0,8604 \pm 0,0001)$	$(1,6312 \pm 0,0001)$	491,6
Modrá	$(0,8791 \pm 0,0001)$	$(1,6419 \pm 0,0001)$	435,8
Fialová	$(0,8943 \pm 0,0001)$	$(1,6505 \pm 0,0001)$	404,6

$$A = (1,5930 \pm 0,0007)$$

$$B = (9334 \pm 161) \text{ mm}^2$$

$$C = (1 \pm 0) \text{ mm}^4$$

což jsou poměrně neobvyklá čísla i s jejich nejistotami, ale nemám je s čím porovnat.

V povinně volitelné variantě B jsem určoval index lomu vody a isopropylalkoholu pomocí dvojhranolového refraktometru. Hodnoty indexu lomu, které vyšli jsou naprosto v souladu s tabulkovými hodnotami oněch kapalin.

$$n_v = (1,3325 \pm 0,5)$$

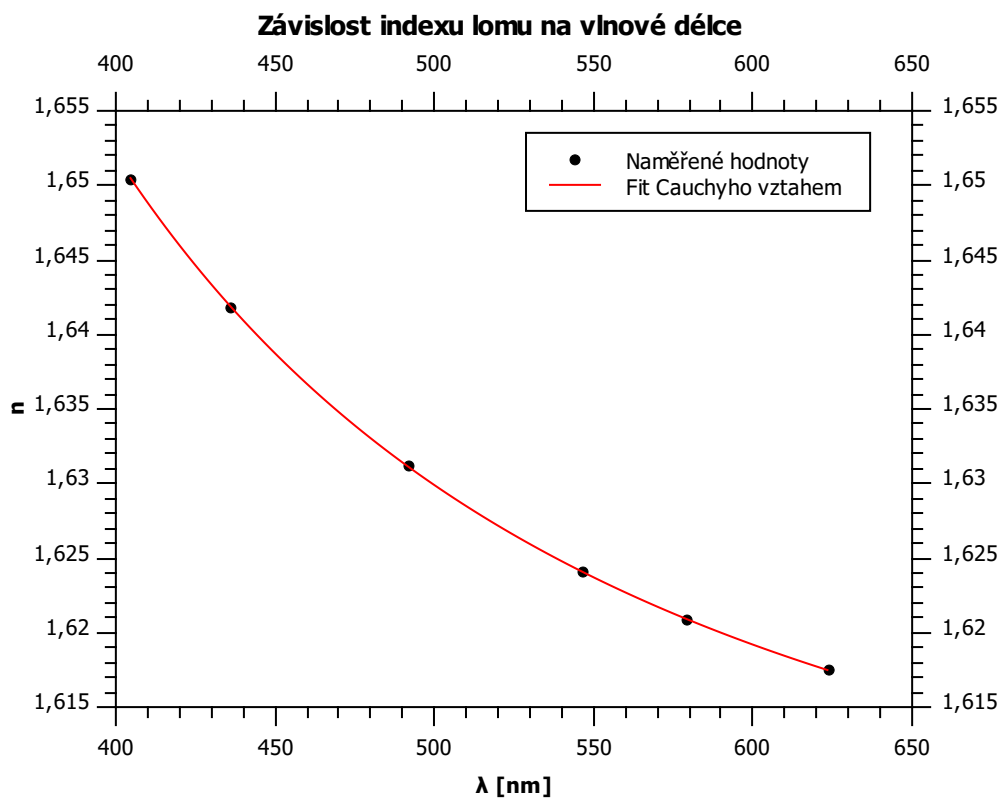
$$n_l = (1,3370 \pm 0,5)$$

Oprava

$$A = (1,5930 \pm 0,0002)$$

$$B = (670 \pm 100) \text{ mm}^2$$

$$C = (3,0 \pm 0,1) \text{ dm}^4$$



Obrázek 2: Graf závislosti indexu lomu na vlnové délce, který je proložený křivkou, která je definována Cauchyho vztahem.