



Jméno: **Michal Červeňák** Kolega: Ondřej Glac
Kruh: **Útorok** Číslo skup.: 1
Měřeno: **21.3.2017** Zpracování: 3 h Klasifikace:

1 Pracovní úkol

1. DU: V přípravě odvoďte vzorec (11) pro případ, kdy je splněna podmínka úhlu nejmenší deviace $\alpha_1 = \alpha_2$.
2. Metodou dělených svazků změřte lámavý úhel hranolu. Měření opakujte $5\times$.
3. Změřte index lomu hranolu v závislosti na vlnové délce pro čáry rtuťového spektra, vynesete do grafu a fitováním nelineární funkcí (13) určete disperzní vztah $n = n(\lambda)$.
4. Změřte vlnové délky spektrálních čar zinkové výbojky a porovnejte je s tabulkovými hodnotami.
5. Změřte spektrum vodíkové výbojky, porovnejte s tabulkovými hodnotami, ověřte platnost vztahu (5) a určete hodnotu Rydbergovy konstanty.
6. Určete charakteristickou disperzi $dn/d\lambda$ v okolí vlnové délky 589 nm (žlutá čára v sodíkovém spektru). Poté spočítejte minimální velikost základny hranolu, vyrobeného ze stejného materiálu jako hranol, se kterým měříte, který je ještě schopný sodíkový dublet rozlišit.

2 Teória

Lámavý uhol σ určíme z nameraných uhlov $d_{1,2}$ podľa vzťahu

$$\sigma = \frac{d_1 - d_2}{2} . \quad (1)$$

Uhol minimálnej deviácie ε_0 určíme z nameraných uhlov $d_{1,2}$ podľa vzťahu

$$\varepsilon_0 = \frac{d_1 - d_2}{2} . \quad (2)$$

Index lomu n vypočítame z lámavého uhlu σ a minimálnej deviácie ε_0 ako

$$n = \frac{\sin \frac{\varepsilon_0 + \sigma}{2}}{\sin \sigma} . \quad (3)$$

Závislosť vlnovej dĺžky λ indexu lomu n na konštantách n_n , C a λ_n udáva vztah

$$n = n_n + \frac{C}{\lambda - \lambda_n} . \quad (4)$$

2.0.1 Spracovanie chýb merania

Označme $\langle t \rangle$ aritmetický priemer nameraných hodnôt t_i , a Δt hodnotu $\langle t \rangle - t$, pričom

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (5)$$

a chybu aritmetického priemeru

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \langle t \rangle)^2}{n(n-1)}}, \quad (6)$$

pričom n je počet meraní.

3 Pomôcky

Goniometr, hranol (délka hrany 3 cm), stolní lampa, rtuťová, zinková, vodíková a sodíková výbojka.

4 Postup merania

4.1 Lámaný úhol

1. Na goniometer sme umiestnili optický hranol a nastavili ho tak aby sa svetlo lámalo no obe strany hranola
2. Zmerali sme uhol odrazu pre obe strany

4.2 Hg spektrum

1. Pripojili sme ortuťovú výbojku výmenou za zameriavac terčik
2. Goniometrom sem postupne odmerali pre každú spektrálnu čiaru uhly na oboch stranách

Identický postup ako u Hg bol použitý aj pre ostatné typy výbojek.

5 Výsledky merania

5.1 Lámaného uhla

Namerané hodnoty lámavého uhla sú v tabuľke Tab. 1. Z nich bola pomocou vzťahu 5 vypočítaná hodnota

$$\sigma = 60,065 \pm 0,028 \text{ deg}.$$

$\frac{d_1}{[\text{deg}]}$	$\frac{d_1}{[\text{deg}]}$	$\frac{d_1-d_2=2\sigma}{[\text{deg}]}$
$281,894 \pm 0,001$	$161,677 \pm 0,001$	$120,217 \pm 0,001$
$281,866 \pm 0,001$	$161,769 \pm 0,001$	$120,097 \pm 0,001$
$281,869 \pm 0,001$	$161,761 \pm 0,001$	$120,108 \pm 0,001$
$281,888 \pm 0,001$	$161,769 \pm 0,001$	$120,119 \pm 0,001$
$281,869 \pm 0,001$	$161,764 \pm 0,001$	$120,106 \pm 0,001$

Tab. 1: Namerané uhly d_1 a d_2 a vypočítaná hodnota σ podľa 1

5.2 Ortuťové spektrum

Namerané hodnoty ortuťového ortuťového spektra sú v tabulke Tab. 2.

farba	$\frac{d_1}{[\text{deg}]}$	$\frac{d_1}{[\text{deg}]}$	$\frac{\varepsilon_0}{[\text{deg}]}$	$\frac{n}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[\text{nm}]}$
oranžová	$268,942 \pm 0,001$	$171,214 \pm 0,001$	$48,864 \pm 0,002$	$1,625 \pm 0,003$	579,065
žltá	$268,964 \pm 0,001$	$171,192 \pm 0,001$	$48,886 \pm 0,002$	$1,626 \pm 0,003$	576,074
zelená	$269,242 \pm 0,001$	$170,900 \pm 0,001$	$49,171 \pm 0,002$	$1,629 \pm 0,003$	546,074
azurová	$269,883 \pm 0,001$	$170,244 \pm 0,001$	$49,819 \pm 0,002$	$1,636 \pm 0,003$	435,835
fialová	$270,858 \pm 0,001$	$169,261 \pm 0,001$	$50,799 \pm 0,002$	$1,645 \pm 0,003$	407,781
ultrafialová	$271,519 \pm 0,001$	$168,439 \pm 0,001$	$51,540 \pm 0,002$	$1,652 \pm 0,003$	404,656

Tab. 2: Namerané uhly d_1 a d_2 a vypočítaná hodnota ε_0 podľa 2 a index lomu n podľa 3 a tabuľková vlnová dĺžka λ .

Namerané hodnoty boli vynesené do grafu Obr. 1 a z fitu dostávame vzťah pre závislosť vlnovej dĺžky na indexe lomu

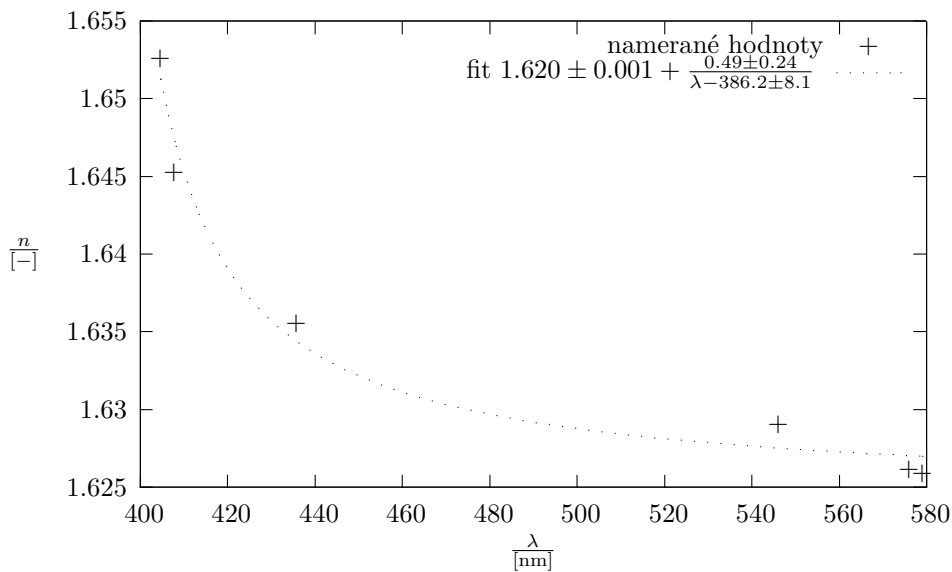
$$n = 1.620 \pm 0.001 + \frac{0.49 \pm 0.24}{\lambda - 386.2 \pm 8.1} . \quad (7)$$

5.3 Spektrum zinku

Bohužiaľ zinková výboja bola v čase merania pokazená, z tohoto dôvodu nebola nameraná.

5.4 Vodíkové spektrum

Namerané hodnoty vodíkového spektra sú v tabuľke 3.



Obr. 1: Závislosť indexu lomu n na tabuľkovej vlnovej dĺžke λ preložená závislosťou $y = 1.620 \pm 0.001 + \frac{0.49 \pm 0.24}{\lambda - 386.2 \pm 8.1}$.

farba	d_1 [deg]	d_2 [deg]	ε_0 [deg]	n [-]	λ [nm]
červená	$278,727 \pm 0,001$	$171,833 \pm 0,001$	$53,447 \pm 0,002$	$1,670 \pm 0,003$	$376,484$
modrá	$270,069 \pm 0,001$	$170,258 \pm 0,001$	$50,331 \pm 0,002$	$1,640 \pm 0,003$	$361,719$
fialová	$270,008 \pm 0,001$	$169,344 \pm 0,001$	$49,906 \pm 0,002$	$1,635 \pm 0,003$	$355,105$

Tab. 3: Namerané uhly d_1 a d_2 a vypočítaná hodnota ε_0 podľa 2 a index lomu n podľa 3 a vypočítaná hodnota vlnovej dĺžky λ podľa vzťahu 7.

5.5 Výpočet Rydbergovy konštanty

Pre jednotlivé farby bola postupne spočítaná Rydbergovu konštantu R

$$\begin{aligned}
 R_c &= 19,1 \text{ nm}^{-1}, \\
 R_m &= 14,8 \text{ nm}^{-1}, \\
 R_f &= 13,3 \text{ nm}^{-1},
 \end{aligned}$$

kde spodný index označuje farbu c červenú, m modrú a f fialovú.

5.6 Sodíkové spektrum

Namerané hodnoty sodíkového spektra sú v tabuľke Tab. 4

farba	$\frac{d_1}{[\text{deg}]}$	$\frac{d_2}{[\text{deg}]}$	$\frac{\varepsilon_0}{[\text{deg}]}$	$\frac{n}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[\text{nm}]}$
červená	$269,002 \pm 0,001$	$171,391 \pm 0,001$	$48,805 \pm 0,002$	$1,627 \pm 0,003$	385,12

Tab. 4: Namerané uhly d_1 a d_2 a vypočítaná hodnota ε_0 podľa 2 a index lomu n podľa 3 a vypočítaná hodnota vlnovej dĺžky λ podľa vzťahu 7.

6 Diskusia

Pri celom experimente sme pracovali s goniometrom, ktorý ma vysokú presnosť, z tohoto dôvodu sú uhly prevedené na stupne písané s väčším počtom platných cifier. Presnosť goniometru závisela hlavne na presnosti zamerania spektrálnej čiary, čo hlavne v oblastiach modrého a fialového svetla bol problém. Pri vodíkovej výbojke sme museli štrbinu otvoriť viac a teda spektrálna čiara bola širšia, čo nám znepresnilo meranie. Aj napriek presnej metóde, sme sa u vodíkovej a sodíkového spektra dopustili s najväčšou chybou systematickej chyby merania ktorou sú tieto merania poznačené. Pre porovnanie tabuľkové[2] VS namerané hodnoty

$$\begin{aligned} &656,272 \text{ nm vs } 376,484 \text{ nm}(H_2\text{červená}) , \\ &486,133 \text{ nm vs } 361,719 \text{ nm}(H_2\text{modrá}) , \\ &434,047 \text{ nm vs } 355,105 \text{ nm}(H_2\text{fialová}) , \\ &\sim 589 \text{ nm vs } 355,105 \text{ nm}(Na\text{žltá}) . \end{aligned}$$

Rydbergovu konštantu v porovnaní s vypočítanou $R = 10^6 \text{ m}^{-1}$ sa líši o cca polovicu, hlavným zdrojom tejto nepresnosti budú chyby v meraní vlnovej dĺžky. Ak chceme pozorovať sodíkový dublet potrebujeme ekvivalentný hranol s dĺžkou základne $a = 0,13 \text{ m}$.

7 Záver

Z nameraných hodnôt pre ortuťovú výboju vid' Tab. 1 sme určili konštanty n_n , C a λ_n .

Pomocou týchto konštant sme z nameraných dát pre vodíkovú a sodíkovú výbojku určili spektrá. Nakoniec sme určili Rydbergovu konštantu konštantu pre jednotlivé

farby

$$\begin{aligned}R_c &= 19,1 \text{ nm}^{-1}, \\R_m &= 14,8 \text{ nm}^{-1}, \\R_f &= 13,3 \text{ nm}^{-1},\end{aligned}$$

a určili základňu hranolu $a = 0,13 \text{ m}$, ktorým je možné pozorovať sodíkový dublet.

Reference

- [1] Balmerova série [cit. 27.03.2017]Dostupné po prihlásení z Kurz: Fyzikální praktikum II:https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/417/mod_resource/content/5/Balmer-2016-Feb-27.pdf
- [2] HyperPhysics Concepts [cit. 27.03.2017]Dostupné na webe:<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/index.html>