

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM III

Úloha č.: 16

Název: Měření indexu lomu Fraunhoferovou metodou

Vypracoval: Vít MAREK stud. sk. F12 dne 2.4.2001

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval:dne výsledek klasifikace

Připomínky:

Pracovní úkol:

1. Seřídte goniometr.
2. Změřte lámavý úhel skleněného hranolu a kyvety.
3. Změřte indexy lomu skleněného hranolu a přiložených kapalin pro vlnové délky spektrálních čar rtuti.
4. Zpracujte graficky závislosti indexu lomu na vlnové délce. Spočtěte střední disperzi, relativní disperzi a Abbeovo číslo pro změřené materiály.
5. Provedte rozbor přesnosti měření.

Teorie:

Lámaný úhel můžeme změřit pomocí goniometru (návod viz [1] str. 112-113). Výsledný úhel pak je

$\varphi = |180^\circ - |\alpha_2 - \alpha_1||$ (1) kde φ je lámaný úhel hranolu; α_1, α_2 jsou úhly odečtené na goniometru

Pro určení indexu lomu vzorků použijeme Fraunhoferovu metodu. Hranol pak nastavujeme do polohy minimální deviace. Index lomu vzorku pak je (odvození viz [1] str. 8-10):

$$N = \frac{\sin((\delta_{\min} - \varphi)/2)}{\sin(\varphi/2)} \quad (2) \quad N \text{ je index lomu, } \delta_{\min} \text{ je minimální deviace}$$

Minimální odchylku najdeme tak, že při otáčení hranolem určíme krajní polohu výchylky paprsku (podrobnější popis viz [1] str. 113-114). Při určení obou osově symetrických polohách hranolu pak určíme minimální odchylku ze vztahu:

$$\varepsilon_o = \frac{|\beta_2 - \beta_1|}{2} \quad (3) \quad \varepsilon_o \text{ je minimální odchylka; } \beta_1, \beta_2 \text{ úhly odečtené pro krajní polohy}$$

$$\varepsilon_o = 180^\circ - \frac{|\beta_2 - \beta_1|}{2} \quad (4) \quad \text{viz (3), ale pro průchod přes } O.$$

Střední disperzi určíme ze vztahu:

$$\Delta = n_F - n_C \quad (5) \quad n_F, n_C, n_D \text{ indexy lomu pro příslušné vlnové délky}$$

Relativní disperze:

$$\delta = \frac{\Delta}{n_D - 1} = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} \quad (6)$$

Abbeovo číslo:

$$\gamma = \frac{1}{\delta} = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (7)$$

Vlnové délky čar jsou F: 486,1 nm; C: 656,3 nm; D: 589,3 nm.

Výsledky měření:

1, Goniometr jsem seřídil podle návodu (viz. [1] str. 109-112).

2, Lámaný úhel hranolu a kyvety jsem změřil podle návodu ([1] str. 112-113). Nejmenší dílek stupnice byl 10'. Výsledné úhly po dosazení do vztahu (1) jsou (chybu měření jsem odhadl na 5'):

hranol: $\varphi_h = (60,00 \pm 0,16)^\circ$

kyveta: $\varphi_k = (60,27 \pm 0,16)^\circ$

3, Pak jsem proměřil minimální odchylky pro jednotlivé vlnové délky čar spektra rtuti. Měření pro skleněný hranol jsou uvedeny v tabulce 1. Jsou zde naměřené úhly, odpovídající minimální deviace a

příslušný index lomu (dosazení do *vztahu (2)*). Chybu určení úhlu jsem odhadl na 5'. Stejně měření jsem provedl i pro kyvetu z *bodů 2* naplněnou lihem. Výsledky měření jsou zaznamenány v *tabulce 2*.

Tabulka 1 – Skleněný hranol

| Měření | [nm] | | | | | n^* | n | er n |
|--------|-------|--------|--------|-------|------|--------|------|------|
| 1 | 671,6 | 202,27 | 125,53 | 38,37 | 0,08 | 1,5136 | 1,51 | 0,12 |
| 2 | 623,4 | 202,42 | 125,35 | 38,54 | 0,08 | 1,5155 | 1,52 | 0,12 |
| 3 | 612,3 | 202,45 | 125,30 | 38,58 | 0,08 | 1,5160 | 1,52 | 0,12 |
| 4 | 607,3 | 202,47 | 125,28 | 38,60 | 0,08 | 1,5162 | 1,52 | 0,12 |
| 5 | 579,1 | 202,57 | 125,20 | 38,69 | 0,08 | 1,5172 | 1,52 | 0,12 |
| 6 | 577,0 | 202,58 | 125,18 | 38,70 | 0,08 | 1,5174 | 1,52 | 0,12 |
| 7 | 546,1 | 202,72 | 125,08 | 38,82 | 0,08 | 1,5188 | 1,52 | 0,12 |
| 8 | 491,6 | 203,00 | 124,77 | 39,12 | 0,08 | 1,5221 | 1,52 | 0,12 |
| 9 | 435,8 | 203,42 | 124,35 | 39,54 | 0,08 | 1,5269 | 1,53 | 0,12 |
| 10 | 434,8 | 203,43 | 124,33 | 39,55 | 0,08 | 1,5270 | 1,53 | 0,12 |
| 11 | 433,9 | 203,45 | 124,32 | 39,57 | 0,08 | 1,5272 | 1,53 | 0,12 |
| 12 | 407,8 | 203,70 | 124,07 | 39,82 | 0,08 | 1,5300 | 1,53 | 0,12 |
| 13 | 404,7 | 203,73 | 124,03 | 39,85 | 0,08 | 1,5304 | 1,53 | 0,12 |

kde λ je vlnová délka světla; α_1, α_2 jsou odečtené úhly, δ_{min} je minimální deviace, $er \delta_{min}$ její chyba, n^* orientační hodnota indexu lomu (4 desetinná místa), n výsledný index lomu, $er n$ jeho chyba

Tabulka 2 – Kyveta naplněná lihem

| Měření | [nm] | | | | | n^* | n | er n | n TAB |
|--------|-------|--------|--------|-------|------|--------|-------|-------|--------|
| 1 | 579,1 | 189,95 | 137,82 | 26,07 | 0,08 | 1,3627 | 1,363 | 0,092 | |
| 2 | 546,1 | 190,05 | 137,72 | 26,17 | 0,08 | 1,3640 | 1,364 | 0,092 | 1,3633 |
| 3 | 491,6 | 190,25 | 137,53 | 26,36 | 0,08 | 1,3664 | 1,366 | 0,093 | |
| 4 | 435,8 | 190,53 | 137,23 | 26,65 | 0,08 | 1,3701 | 1,370 | 0,093 | 1,3698 |
| 5 | 407,8 | 190,72 | 137,03 | 26,85 | 0,08 | 1,3726 | 1,373 | 0,094 | |
| 6 | 404,7 | 190,73 | 137,00 | 26,87 | 0,08 | 1,3728 | 1,373 | 0,094 | 1,3729 |

kde n_{TAB} jsou tabulkové hodnoty (viz [2] str. 126)

4. Závislosti indexů lomu na vlnové délce jsou zakresleny v grafech: *graf 1* – skleněný hranol; *graf 2* – kyveta s lihem. Z těchto grafů (v programu *Origin*) jsou odečteny hodnoty indexů lomu pro vlnové délky odpovídající bodům F, C a D. Tyto hodnoty jsou dosazeny do *vztahů (5), (6) a (7)* a určena střední disperze, relativní disperze a Abbeovo číslo. Výsledky jsou zaznamenány v *tabulce 3*.

Tabulka 3

| | hranol | kyveta | | hranol | | | kyveta | | |
|---|--------|--------|--------------------|---------|------|-------|---------|------|-------|
| | | | | | | chyba | | | chyba |
| n | 1,5234 | 1,3674 | střední disperze | 0,0098* | 0,01 | 0,24 | 0,0086* | 0,01 | 0,18 |
| n | 1,5136 | 1,3588 | relativní disperze | 0,0190* | 0,02 | 0,46 | 0,0238* | 0,02 | 0,50 |
| n | 1,5170 | 1,3618 | Abbeovo číslo | 52,7* | 100 | 1300 | 42,1* | 40 | 880 |

* orientační hodnoty – nezaokrouhleny na stejný počet míst jako chyba

5. Rozbor přesnosti viz. diskuse.

Diskuse:

I když je nejmenší dílek stupnice goniometru 10', odhadoval jsem odečtené hodnoty přesněji. (Někdy padlo do intervalu 10' i více spektrálních čar).

U chyby indexu lomu má největší vliv chyba lámavého úhlu. Aby měla tato chyba stejný podíl na výsledné chybě, jako chyba minimální deviace, musela by být chyba lámavého úhlu menší než 1,2'. Chyba indexu lomu je natolik velká, že při výpočtu střední disperze, relativní disperze a Abbeova čísla je dokonce větší než příslušná hodnota veličiny. (Proto jsou v tabulkách uvedeny i přesnější hodnoty).

Ale v porovnání s tabulkovými hodnotami je měření řádově přesnější, než chyba.

Závěr:

1. Goniometr byl seřazen podle návodu.
2. Lámaný úhel hranolu je $\varphi_h = (60,00 \pm 0,16)^\circ$
Lámaný úhel kyvety je $\varphi_k = (60,27 \pm 0,16)^\circ$
3. Indexy lomů skleněného hranolu a lihu pro vlnové délky spektrálních čar rtuti jsou v tabulkách 1 a 2.
4. Závislost indexu lomu na vlnové délce je zakreslena v grafech 1 a 2.
Střední disperze je $\Delta = (0,01 \pm 0,24)$ (hranol) $\Delta = (0,01 \pm 0,18)$ (líh)
Relativní disperze $\delta = (0,02 \pm 0,46)$ (hranol) $\delta = (0,02 \pm 0,50)$ (líh)
Abbeovo číslo $\gamma = (100 \pm 1300)$ (hranol) $\gamma = (40 \pm 880)$ (líh)

Použitá literatura:

- [1] Fyzikální praktikum III. Optika, *I. Pelant, J. Fiala, J. Pospíšil, J. Fährnich* Praha 1993
[2] Fyzikální a matematické tabulky *J. Brož, V. Roskovec, M. Valouch* SNTL Praha 1980