

Fyzikální sekce přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně

## FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

... Závislost indexu lomu skla na vlnové délce světla ...

Jméno: ..... **Petr Šafařík** ..... Datum: .....  
Obor: **Astrofyzika** Ročník: **Druhý** Semestr: **Třetí** Test: .....

ÚLOHA č.: **9**.....

T = **23,1** .....

P = **97,7kPa** .....

$\varphi$  = **30%** .....

Fyzikální praktika 9  
Závislost indexu lomu skla na vlnové délce  
světla

Petr Šafařík

21. listopadu 2006

## Obsah

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Zadání</b>                                      | <b>3</b> |
| <b>2</b> | <b>Teorie</b>                                      | <b>3</b> |
| <b>3</b> | <b>Měření</b>                                      | <b>6</b> |
| 3.1      | Lámaný úhel měřeného hranolu . . . . .             | 6        |
| 3.2      | Index lomu skla . . . . .                          | 6        |
| 3.3      | Materiálové konstanty a disperzní křivka . . . . . | 7        |
| <b>4</b> | <b>Závěr</b>                                       | <b>7</b> |

## 1 Zadání

- Proveďte justaci hranolu a změřte jeho lámavý úhel.
- Metodou minimální deviace změřte index lomu skla nejméně pro čtyři spektrální čáry.
- Určete materiálové konstanty a nakreslete disperzní křivku

## 2 Teorie

Při průchodu stětného paprsku rozhraním dvou isotropních prostředí dochází mimo odraz světla také k jeho lomu. Tento jev je popsán Snellovým zákonem.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

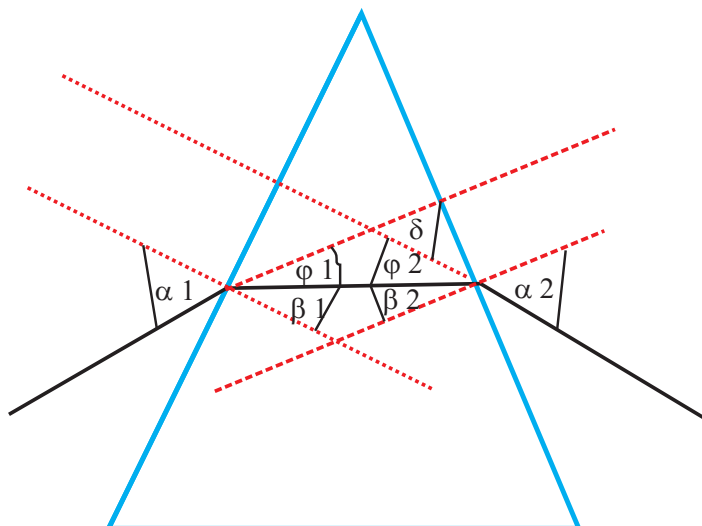
Všechny látky vykazují disperzi tj. závislost lomu na vlnové délce světla  $\lambda$ . V oblasti normální disperze je tato závislost popsána vztahem

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$$

kde  $A, B, C$  jsou materiálové konstanty. Ke studiu disperze, tj. stanovení indexu lomu látky pro různé vlnové délky a stanovení materiálových konstant, využijeme jako disperzní soustavy hranolu.

Na trojboký hranol vyrobený ze zkoumané látky necháme dopadat rovnoběžný svazek paprsků. Ten se na lámavých plochách láme, takže směr vystupujícího paprsku se liší od směru paprsku dopadajícího. Z principálních důvodů není možné stanovit pro zvolenou vlnovovou délku index lomu ze vztahu  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ . Jednou z nejpřesnějších metod stanovení veličiny  $n$  je metoda minimální deviace.

Úhel  $\delta$  mezi směrem paprsku dopadajícím na disperzní soustavu a paprskem vystupujícím z této soustavy se nazývá deviace.



Z obrázku vyplývá, že:

$$\delta = \varphi_1 + \varphi_2$$

a pro lámavý úhel  $\omega$  platí:

$$\omega = \beta_1 + \beta_2$$

Z toho dostaneme závislost pro výpočet odchýlení paprsku  $\delta$  :

$$\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \omega$$

Je zřejmé že úhel  $\alpha_2$  nějak závisí na úhlu dopadu na hranol  $\alpha_1$ . Odchýlení  $\delta$  je minimální, když je jeho derivace nulová (lze odvodit, že není maximální, tady to však bylo ověřeno při měření.)

$$\frac{d\delta}{d\alpha_1} = 1 + \frac{d\alpha_2}{d\alpha_1} = 0$$

Diferencovaný Snellův zákon s indexem lomu vzduchu blízkým jedné a skla  $n$  tu má podobu:

$$\cos \alpha_1 d\alpha_1 = n \cdot \cos \beta_1 d\beta_1$$

$$\cos \alpha_2 d\alpha_2 = n \cdot \cos \beta_2 d\beta_2$$

Diferencováním vztahu  $\omega = \beta_1 + \beta_2$  dostaneme  $d\beta_1 = -d\beta_2$ . Dosazením do Snellova zákona vyjde

$$\frac{d\alpha_2}{d\alpha_1} = -\frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \cdot \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}$$

To je možné dosadit pro vztah pro  $\frac{d\delta}{d\alpha_1}$

$$\frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_1} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \beta_2} \Rightarrow \frac{1 - \sin^2 \alpha_1}{1 - \sin^2 \beta_1} = \frac{1 - \sin^2 \alpha_2}{1 - \sin^2 \beta_2}$$

Dále je možné opět využít Snellův zákon pro tato rozhraní:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

A po dosazení do předchozího vztahu vyjde:

$$\frac{1 - n^2 \sin^2 \beta_1}{1 - \sin^2 \beta_1} = \frac{1 - n^2 \sin^2 \beta_2}{1 - \sin^2 \beta_2}$$

Protože úhly  $\beta_1$  a  $\beta_2$  jsou ostré, vyplývá z této rovnosti  $\beta_1 = \beta_2$  a také  $\alpha_1 = \alpha_2$ . Po dosazení do Snellova zákona platí pro tento případ s úhlem minimální deviace  $\delta_{\min}$

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \left( \frac{\omega + \delta_{\min}}{2} \right)}{\sin \left( \frac{1}{2} \cdot \omega \right)}$$

Měření úhlu minimální deviace probíhalo nepřímou. Pro pět vlnových délek byla určena poloha minimální deviace při dvou polohách hranolu na goniometru. Pro úhel minimální deviace platí tento vztah:

$$\delta_{\min} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}$$

Vztah plyne z toho, že nulový úhel byl někde mezi hodnotami pro jednu a druhou polohu hranolu na goniometru.

### 3 Měření

#### 3.1 Lámaný úhel měřeného hranolu

| $\varphi_1$ | $\varphi_2$ | $\omega$                             |
|-------------|-------------|--------------------------------------|
| 138°34'52'' | 18°35'03''  | 60°00'11''                           |
| 138°34'44'' | 18°34'53''  | 60°00'09''                           |
| 138°34'43'' | 18°35'05''  | 60°00'22''                           |
| 138°35'00'' | 18°35'02''  | 60°00'02''                           |
| 138°34'48'' | 18°35'02''  | 60°00'14''                           |
|             |             | $\bar{\omega} = 60^\circ 00' 11,6''$ |

Lámaný úhel mnou měřeného hranolu byl  $\omega = (60^\circ 00' 10'' \pm 0^\circ 00' 10'')$  s relativní chybou 0,04%.

#### 3.2 Index lomu skla

| Vlnové délky spekter světla |         |
|-----------------------------|---------|
| Fialová                     | 404,6nm |
| Modrá                       | 435,8nm |
| Zelená                      | 546,1nm |
| Žlutá                       | 576,9nm |
| Červená                     | 623,4nm |

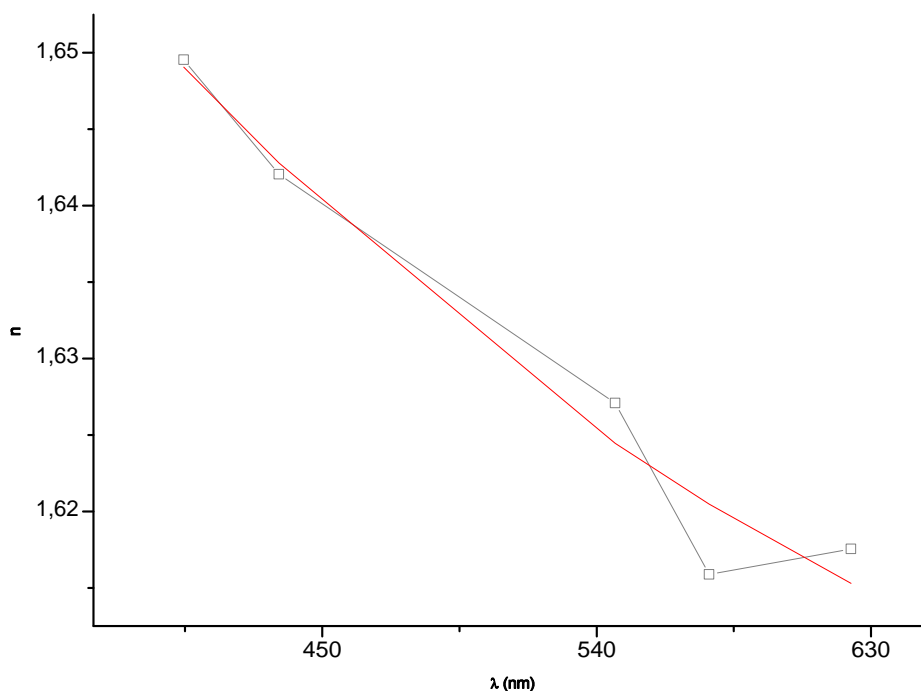
| Minimální deviace |             |             |                 |             |
|-------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|
| Barva             | $\varphi_1$ | $\varphi_2$ | $\delta_{\min}$ | $n$         |
| Fialová           | 139°27'02'' | 37°10'40''  | 51°08'11''      | 1,649550962 |
| Modrá             | 138°56'19'' | 38°10'40''  | 50°22'49,5''    | 1,642054074 |
| Zelená            | 137°08'39'' | 39°37'42''  | 48°42'28,5''    | 1,62708015  |
| Žlutá             | 136°50'29'' | 40°15'11''  | 47°47'39''      | 1,615874218 |
| Červená           | 136°20'08'' | 40°25'18''  | 47°57'25''      | 1,617546469 |

Velikost indexu lomu je závislá na délce světla. Proto zde uvádím 5 závěrů pro každou vlnovou délku:

- Pro vlnovou délku 404,6nm je index lomu  $n = (1,6495)$ .
- Pro vlnovou délku 435,8nm je index lomu  $n = (1,6420)$ .
- Pro vlnovou délku 546,1nm je index lomu  $n = (1,6270)$ .

- Pro vlnovou délku  $576,9nm$  je index lomu  $n = (1,6158)$ .
- Pro vlnovou délku  $623,4nm$  je index lomu  $n = (1,6175)$ .

### 3.3 Materiálové konstanty a disperzní křivka



Materiálové vztahy

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$$

Materiálové konstanty byly určeny programem *Microcal Origin* jako:

$$A = 1,692 \mid B = 8,254 \cdot 10^{-14} m^2 \mid C = -1,832 \cdot 10^{-26} m^4$$

## 4 Závěr

- Lámaný úhel mnou měřeného hranolu byl  $\omega = (60^{\circ}00'10'' \pm 0^{\circ}00'10'')$  s relativní chybou 0,04%.
- Pro vlnovou délku  $404,6nm$  je index lomu  $n = (1,6495)$ .

- Pro vlnovou délku  $435,8nm$  je index lomu  $n = (1,6420)$ .
- Pro vlnovou délku  $546,1nm$  je index lomu  $n = (1,6270)$ .
- Pro vlnovou délku  $576,9nm$  je index lomu  $n = (1,6158)$ .
- Pro vlnovou délku  $546,1nm$  je index lomu  $n = (1,6175)$ .
- Materiálové konstanty byly určeny programem *Microcal Origin* jako:  $A = 1,692$  |  $B = 8,254 \cdot 10^{-14}m^2$  |  $C = -1,832 \cdot 10^{-26}m^4$