

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## PRAKTIKUM III

Úloha č.: 9

Název: Měření indexu lomu refraktometry

Vypracoval: Vít MAREK stud. sk. F12 dne 9.4.2001

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: .....

Posuzoval: ..... dne ..... výsledek klasifikace .....

Připomínky:

### Pracovní úkol:

1. Změřte index lomu a střední disperzi vodního roztoku glycerinu v závislosti na koncentraci.
2. Změřte index lomu mimořádného paprsku dvojlomného materiálu v závislosti na směru šíření světla. Naměřenou závislost zpracujte graficky.

### Teorie:

Střední disperzi určím ze vztahu:

$$\Delta = A + B \cos(3C) \quad (1) \quad \text{kde } \Delta \text{ je střední disperze, } A, B \text{ závisí na stočení měrného hranolu} \\ \text{kompenzátoru Zeiss-Jena model G ( viz. [1] str. 96 tabulka 1.1.1 ),} \\ C \text{ počet dílků stupnice kompenzátoru.}$$

Při lomu z opticky řidšího do opticky hustšího prostředí se paprsek odchyluje směrem ke kolmici. Maximální úhel, pod kterým se pak může paprsek šířit v opticky hustším prostředí, je tzv. mezní úhel. pro něj platí vztah:

$$\sin(\alpha_m) = \frac{N_2}{N_1} \quad (2) \quad \text{kde } \alpha_m \text{ je mezní úhel, } N_2 \text{ index lomu řidšího prostředí, } N_1 \text{ index lomu} \\ \text{opticky hustšího prostředí.}$$

### Výsledky měření:

1, Nejdříve jsem si připravil roztoky glycerinu o objemu 10 ml ( v objemové koncentraci 0 – 100% po 10%). K míchání jsem použil odměrný válec o objemu 10 ml a nejmenším dílku 0,2 ml (chybu jsem odhadl na 0,1 ml). Tyto roztoky jsem postupně proměřoval pomocí refraktometru. Ze stupnice jsem odečítal index lomu měřeného vzorku (chybu jsem odhadl na 0,001) a hodnotu C (viz vztah (1)) ze stupnice kompenzátoru v obou polohách. Zde jsem se snažil odhadnout hodnotu co nejpřesněji (hodnotu jsem odhadoval s přesností na jedno desetinné místo, i když stupnice byla celočíselná). Chybu určení C jsem odhadl na 0,3. Získané hodnoty indexu lomu a hodnoty C jsou zapsány v *tabulce 1*.

Hodnoty A a B (viz vztah (1)) jsou v [1] str. 96 určeny jen pro indexy lomu s přesností dvou desetinných míst. Proto jsem si sestrojil grafy závislosti A, B na indexu lomu: *graf1*, *graf2* (závislost je proložena polynomem třetího stupně). Z těchto grafů jsem pak v programu Origin odečetl hodnoty pro mou změřené indexy lomu. Chybu jsem odhadl na 0,5. Příslušné hodnoty jsem zapsal do *tabulky 1*.

Dosazení známých hodnot do *vztahu (1)* jsem určil příslušné střední disperze.

*Tabulka 1*

Měření	c [%]	er c [%]	C	C	C	er C	N	er N	A .10	B .10		
1	0	0	42,3	42,3	42,3	0,3	1,331	0,001	2456,5	3137,0	573	40
2	10	1	42,0	42,1	42,1	0,3	1,347	0,001	2448,8	3107,8	616	40
3	20	1	42,0	41,9	42,0	0,3	1,358	0,001	2443,5	3084,1	637	40
4	30	1	41,9	41,9	41,9	0,3	1,373	0,001	2436,8	3052,0	656	39
5	40	1	41,9	41,8	41,9	0,3	1,387	0,001	2430,7	3016,4	677	39
6	50	1	41,8	42,0	41,9	0,3	1,402	0,001	2424,9	2946,9	705	38
7	60	1	41,6	41,8	41,7	0,3	1,414	0,001	2420,2	2940,5	729	38
8	70	1	41,7	41,8	41,8	0,3	1,429	0,001	2415,2	2894,5	745	38
9	80	1	41,8	41,8	41,8	0,3	1,443	0,001	2410,7	2846,9	762	37
10	90	1	41,9	42,0	42,0	0,3	1,453	0,001	2407,5	2807,7	763	36
11	100	0	42,0	42,0	42,0	0,3	1,469	0,001	2403,5	2745,8	790	35

kde c je objemová koncentrace glycerinu, er c její chyba;  $C_1$ ,  $C_2$  změřené hodnoty proměnné C,  $C_p$  její průměrná hodnota, er  $C_p$  její chyba; N index lomu roztoku, er N jeho chyba; A, B příslušné hodnoty proměnných A, B (viz vztah (1)),  $\Delta$  disperze, er  $\Delta$  její chyba

Závislost indexu lomu na koncentraci je zakreslena v *grafu 3* (lineární regrese). Přímka má rovnici:

$$N = A + B \cdot c \quad A = (1.3317 \pm 0.0006) \quad B = (0.137 \pm 0.001) \quad \text{pro } 0 < c < 1$$

Závislost disperze na objemové koncentraci je zakreslena v *grafu 4*. Závislost je proložena polynomem druhého stupně:

$$\Delta = A + B \cdot c + D \cdot c^2$$

$$A = (578 \pm 5) \cdot 10^5 \quad B = (3.0 \pm 0.2) \cdot 10^7 \quad D = (-9 \pm 2) \cdot 10^6$$

2, Nejdříve jsem proměřil závislost úhlu odklonu paprsku procházejícího skleněnou polokoulí na natočení polokoule (v procházejícím světle). Měření jsem prováděl po  $20^\circ$ . Chybu určení mezního úhlu jsem odhadl na  $1'$ . Dosazením do *vztahu* (2) jsem určil příslušný index lomu (index lomu vzduchu  $N_2 = 1$ ). Hodnoty jsem zaznamenal do *tabulky* 2.

Závislost indexu lomu na úhlu otočení polokoule je znázorněna v *grafu* 5.

*Tabulka 2*

Měření									
1	0	35,00	0,02	62,22	0,02	1,7434	0,0007	1,5425	0,0007
2	20	34,97	0,02	62,25	0,02	1,7449	0,0007	1,5442	0,0007
3	40	34,97	0,02	62,43	0,02	1,7449	0,0007	1,5468	0,0007
4	60	34,94	0,02	62,58	0,02	1,7460	0,0007	1,5499	0,0007
5	80	34,93	0,02	62,58	0,02	1,7464	0,0007	1,5502	0,0007
6	100	34,97	0,02	62,52	0,02	1,7449	0,0007	1,5480	0,0007
7	120	34,97	0,02	62,37	0,02	1,7449	0,0007	1,5459	0,0007
8	140	35,00	0,02	62,22	0,02	1,7434	0,0007	1,5425	0,0007
9	160	35,02	0,02	62,17	0,02	1,7427	0,0007	1,5411	0,0007
10	180	35,03	0,02	62,23	0,02	1,7420	0,0007	1,5414	0,0007
11	200	35,07	0,02	62,33	0,02	1,7405	0,0007	1,5415	0,0007
12	220	35,10	0,02	62,62	0,02	1,7391	0,0007	1,5443	0,0007
13	240	35,12	0,02	62,78	0,02	1,7384	0,0007	1,5459	0,0007
14	260	35,12	0,02	62,83	0,02	1,7384	0,0007	1,5466	0,0007
15	280	35,10	0,02	62,87	0,02	1,7391	0,0007	1,5477	0,0007
16	300	35,08	0,02	62,55	0,02	1,7398	0,0007	1,5440	0,0007
17	320	35,07	0,02	62,32	0,02	1,7405	0,0007	1,5413	0,0007
18	340	35,03	0,02	62,18	0,02	1,7420	0,0007	1,5407	0,0007

kde  $\varphi$  je úhel natočení polokoule,  $\alpha_{mp}$  mezní úhel pro skleněnou polokouli,  $er \alpha_{mp}$  jeho chyba,  $\alpha_{mk}$  mezní úhel měřeného krystalu pro mimořádný paprsek,  $er \alpha_{mk}$  jeho chyba,  $N_p$  index lomu polokoule,  $er N_p$  jeho chyba,  $N_k$  index lomu krystalu pro mimořádný paprsek,  $er N_k$  jeho chyba

Na polokouli jsem položil krystal a měřil jsem mezní úhel  $\alpha_{mk}$  pro mimořádný paprsek. Dosazením jeho velikosti a hodnoty indexu lomu pro dané natočení polokoule do *vztahu* (2) jsem určil příslušný index lomu. Hodnoty jsou zaznamenány v *tabulce* 2. Závislost na otočení krystalu je zakreslena v *grafu* 6.

### Diskuse:

Závislost indexu lomu vyšla podle předpokladu lineární. Určené indexy lomu mohu porovnat s tabulkovými hodnotami pro 0% (voda) a 100% (glycerin) koncentraci:  $N(\text{voda}) = 1,333$  a  $N(\text{glycerin}) = 1,473$  (viz [3]). Naměřené hodnoty jsou tedy o málo menší (chyba u glycerinu asi 0,3%). To může být způsobeno špatným určením hodnoty indexu lomu.

U disperze má největší vliv na chybu chyba určení  $C$ . Při přesnějším určení hodnoty  $C$  by se zmenšila i chyba disperze (a to přibližně přímo úměrně).

Asi největší chyby jsem se dopustil při určování závislosti indexu lomu krystalu na směru šíření mimořádného paprsku (jak je vidět z *grafu* 6). Z *grafu* 6 mohu odhadnout i směr optické osy: osa je kolmá na svislý směr a paprsek prochází v jejím směru při natočení  $170^\circ$  ( $350^\circ$ ).

### Závěr:

- 1, Závislosti indexu lomu a disperze roztoku glycerinu na koncentraci jsou zakresleny v *grafech* 3 a 4.
- 2, Závislosti indexu lomu polokoule na otočení je zakreslena v *grafu* 5. Závislost indexu lomu pro mimořádný paprsek pro použitý krystal na směru chodu paprsku je zakreslena v *grafu* 6.

### 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
- [3] <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/7919/invisi.htm>