

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Zpracoval: Jakub Jedlička

Naměřeno: 21.10.2022

Obor: učitelství Bi F **Ročník:** 2. **Semestr:** 3.

Testováno:

Úloha č. 8: **Měření parametrů zobrazovacích soustav**

$T = 22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

$p = 984\text{ hPa}$

$\varphi = 59\text{ }^{\circ}$

1. Úvod

V první části úlohy budeme měřit vzdálenosti tenké spojky. V další úlohy části budeme měřit ohniskovou vzdálenost a v poslední části budeme určovat index lomu z ohniskové vzdálenosti a křivosti čoček.

2. Teorie

Měření ohniskové vzdálenosti tenké spojky a rozptylky

Pokud dopadá na zobrazovací soustavu svazek paprsků, který je rovnoběžný s optickou osou, tak dochází k tomu, že po průchodu se paprsky protínají ve velkém ohnisku F' . Pokud svazek paprsků vychází z předmětového ohniska F , tak se po průchodu změni soustava na rovnoběžný svazek. Dále můžeme popsat předmětový a obrazový prostor. Tyto prostory jsou popsány souřadnými soustavami, jejichž počátek leží ve středu čočky, přičemž platí konvence, že vzdálenosti napravo od počátku soustavy souřadnic jsou kladné (+) a vzdálenosti nalevo jsou záporné (-).

Ohnisková vzdálenost se dá spočítat pomocí tohoto vztahu.

$$f' = \frac{aa'}{a - a'} \quad 1)$$

Kde a je předmětová vzdálenost, a' je obrazová vzdálenost a f' je ohnisková vzdálenost.

Při zobrazování předmětu o velikosti y vzniká jeho obraz o velikosti y' , poměr těchto dvou hodnot tento vztah:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{a'}{a} \quad 2)$$

Tento vztah nám udává příčné zvětšení β . Ohnisková vzdálenost může být vypočítána přímo ze zvětšení.

$$f' = \frac{a'}{1 - \beta} \quad 3)$$

Dále se dá ohnisková vzdálenost stanovit Besselovou metodou, která je definována vztahem.

$$f' = \frac{d^2 - \Delta^2}{4d} \quad 4)$$

Kde platí

$$d = |a_1| + |a_1'| = |a_2| + |a_2'|$$

$$d^2 - \Delta^2 = 4a_1a_1' = 4a_2a_2' \quad 5)$$

Pro toto měření se, ale musí se zafixovat stínítko, aby mělo pevnou vzdálenost. Poté existují právě 2 polohy čočky, kdy je na stínítku ostrý obraz.

Při použití rozptylky vždycky vzniká neskutečný obraz skutečného předmětu, proto při měření na optickou lavici přidáme spojku, tak aby obraz vytvořený spojkou vytvořil neskutečný předmět pro rozptylku. Pak ohniskovou vzdálenost vypočítáme jako.

$$a = A - R$$

$$a' = A' - R$$

6)

Kde A je poloha obrazu spojky, A' je poloha obrazu rozptylky a R je poloha rozptylky. K dopočítání je, ale potřeba využít výše uvedené vztahy.

Index lomu

Index lomu se dá změřit pomocí sférometru, který změří prohnutí čočky. U rozptylky bude mít prohnutí kladnou hodnotu a u rozptylky bude mít potom hodnotu zápornou. Dále potřebujeme k určení indexu lomu ohniskovou vzdálenost čoček a poloměry křivosti čoček r_1 a r_2 . Poté se index lomu vypočítá takto.

$$n = 1 + \frac{1}{f \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)}$$

7)

Kde se f známe z předchozího měření a r_i vypočítáme pomocí tohoto vztahu.

$$r = \frac{(z^2 + h^2)}{2h}$$

8)

Kde z je poloměr kruhové základny sférometru, h je výška výseče sférometru po přiložení na čočku.

3. Postup

Zapneme optickou lavici a vložíme na ni stínítko, čočku a clonu. Stínítko dáme do náhodné polohy a clonu s čočkou pohybuje, tak aby se obraz na stínítku zaostřil. Poté si zapíšeme hodnotu a, což je vzdálenost od zobrazeného předmětu ke spojce, a pak vzdálenost a', což je vzdálenost od spojky ke cloně. Nakonec si změříme velikost jednoho cm zobrazeného předmětu na stínítku pro zvětšení. Dále necháme stínítko ve stejné poloze a spojkou s clonou najdeme druhou polohu, kde se obraz na stínítku zaostří a zapíšeme všechny zmíněné hodnoty. Tento postup opakujeme pětkrát.

Po změření první části najdeme jednu polohu pro soustavu spojky, clony a stínítka, kde je obraz ostrý a zapíšeme si polohu stínítka. Dále se spojkou a clonou nehýbáme a do soustavy přidáme rozptylku, pro kterou hledáme polohy, ve kterých bude obraz opět ostrý. Opět zapisujeme hodnoty a, která je v tomto případě vzdálenost od skutečného obrazu k rozptylce a vzdálenost a', což je vzdálenost od stínítka k rozptylce. Tento postup opět opakujeme 10x.

Nakonec 10x změříme prohnutí čoček pomocí sférometru z každé strany a změříme vnitřní a vnější průměr podstavky sférometru.

4. Zpracování měření

Ohnisková vzdálenost pro spojku

Tabulka naměřených hodnot pro spojkou:

a	a'	Zvětšení	f' (přímá metoda)	f' (ze zvětšení)	f' (Besselova metoda)
-26,7	44,8	-1,8	16,7	17,2	16,7
-46,7	24,8	-0,55	16,2	16,6	16,2
-25,8	48,2	-1,9	16,8	16,9	16,8
-49,9	24,1	-0,5	16,3	16,6	16,3
-28,5	40,5	-1,45	16,7	16,9	16,7
-42,6	26,4	-0,65	16,3	16,8	16,3
-23,1	62,9	-2,9	16,9	17,2	16,9
-64	22	-0,35	16,4	16,6	16,4

-24,2	55,8	-2,45	16,9	17,2	16,9
-57,1	22,9	-0,4	16,3	16,3	16,3
-23,7	59,3	-2,6	16,9	17,1	16,9
-60,8	22,2	-0,35	16,3	15,8	16,3

Tabulka 1.: naměřené hodnoty pro spojku

Pro stanovení ohniskové vzdálenosti tenké spojky z polohy obrazu a předmětu použijeme vztah 1).

$$f' = 16,6(3) \text{ cm}$$

Pro stanovení ohniskové vzdálenosti pomocí zvětšení použijeme kombinaci vztahu 2) a 3).

$$f' = 16,8(4) \text{ cm}$$

Pro stanovení ohniskové vzdálenosti pomocí Besselovy metody použijeme kombinaci vztahů 4) a 5).

$$f' = 16,6(3) \text{ cm}$$

ohnisková vzdálenost pro rozptylku

Tabulka naměřených hodnot pro rozptylku při vzdálenosti neskutečného obrazu vytvořeného rozptylkou 75 cm na optické lavici.:

a	a'
12,5	19,9
15,8	30,5
17,5	33,1
7,5	9,5
15,7	28,6
11,1	17,5
17,3	38
16,2	30,3
11,5	17,5
12	18,5
14	22,7
16	34,1

Tabulka 2.: naměřené hodnoty pro rozptylku

Pro stanovení ohniskové vzdálenosti tenké rozptylky z polohy obrazu a předmětu použijeme kombinaci vztahu 1) a 6)

$$f' = -33,8(2,2) \text{ cm}$$

Index lomu pro spojku

Naměřené hodnoty průhybu h pro spojku a poloměr báze sférometru

n	h [mm]	z [mm]
1	1,839	17,485
2	1,84	17,485
3	1,839	17,485
4	1,838	17,49
5	1,839	17,495
6	1,839	17,475
7	1,838	17,49
8	1,839	17,48
9	1,838	17,465

10	1,839	17,47
----	-------	-------

Tabulka 3.: naměřené hodnoty pro spojku

$h = 1,839(1) \text{ mm}$

$z = 17,482(9) \text{ mm}$

Pro výpočet poloměru křivosti r použijeme vztah 8) a pro výpočet nejistoty r použijeme tento vztah.

$$u_r = \sqrt{\left(\frac{z}{h}\right)^2 \cdot u_z^2 + \left(\frac{h^2 - z^2}{2h}\right)^2 \cdot u_h^2} \quad 9)$$

$r = 84,02(9) \text{ mm}$

Pro výpočet indexu lomu n použijeme vztah 7) a pro výpočet nejistoty použijeme vztah.

$$u_n = \sqrt{\left(-\frac{r}{f^2}\right)^2 \cdot u_f^2 + \left(\frac{1}{f}\right)^2 \cdot u_r^2} \quad 10)$$

$n = 1,506(9)$

Index lomu pro rozptylku

Naměřené hodnoty průhybu h pro rozptylku a poloměr báze sférometru

n	$h_1 [\text{mm}]$	$h_2 [\text{mm}]$	$z [\text{mm}]$
1	0,508	0,505	18,565
2	0,508	0,505	18,555
3	0,507	0,506	18,56
4	0,507	0,504	18,555
5	0,507	0,504	18,565
6	0,509	0,506	18,55
7	0,507	0,505	18,56
8	0,508	0,504	18,545
9	0,506	0,505	18,565
10	0,508	0,504	18,545

Tabulka 4.: naměřené hodnoty pro rozptylku

$h_1 = 0,508(1) \text{ mm}$

$h_2 = 0,505(1) \text{ mm}$

$z = 18,557(8) \text{ mm}$

Pro výpočet poloměru křivosti použiju vztah 8) a pro výpočet nejistoty použiju vztah 9).

$r_1 = 339,51(34) \text{ mm}$

$r_2 = 341,32(34) \text{ mm}$

Pro výpočet indexu lomu n použijeme vztah 7) a pro výpočet nejistoty použijeme následující vztah.

$$u_n = \sqrt{\left(-\frac{r_1 r_2}{f^2 r_2 - f^2 r_1}\right)^2 \cdot u_f^2 + \left(\frac{f r_2^2}{(f r_2 - f r_1)^2}\right)^2 \cdot u_{r_1}^2 + \left(-\frac{f r_1^2}{(f r_2 - f r_1)^2}\right)^2 \cdot u_{r_2}^2} \quad 11)$$

$n = 1,504(2)$

5. Závěr

V první části se měřily ohniskové vzdálenosti spojky a rozptylky různými metodami a získal jsem u toho tyto výsledky:

Pro spojku:

Pomocí polohy obrazu a předmětu $f'_1 = 16,6(3) \text{ cm}$

Pomocí zvětšení obrazu $f_2' = 16,8(4) \text{ cm}$

Pomocí Besselovy metody $f_3' = 16,6(3) \text{ cm}$

Naměřené hodnoty se od sebe příliš neliší, a proto lze měření pokládat za přesné.

Pro rozptylku:

$$f_4' = 33,8(2,2) \text{ cm}$$

V druhé části úlohy jsem určil index lomu čočky a rozptylky z předešlého úkolu. Vypočítané hodnoty jsou:

Pro spojku: $n = 1,506(9)$

Pro rozptylku: $n = 1,504(2)$