

Datum: 3.11.2004

Vypracoval: Tomáš Henych

Teplota: 24,8 °C

Tlak: 992 mbar

Vlhkost: 48 %

Název: Měření parametrů zobrazovacích soustav

Úkol:

- Změřte ohniskovou vzdálenost spojky přímou a Besselovou metodou.
- Určete ohniskovou vzdálenost spojky ze zvětšení.
- Určete ohniskovou vzdálenost rozptylky přímou metodou.
- Změřte poloměry křivosti lámavých ploch čoček a určete index lomu skla.

Teorie úlohy:

ad a) Pro čočku platí zobrazovací rovnice $\frac{1}{f'} = \frac{1}{a'} - \frac{1}{a}$ a ohnisková vzdálenost je potom

$f' = \frac{a a'}{a - a'}$. Měření provádíme na optické lavici, hodnoty a a a' odečítáme na stupnici optické lavice.

Besselova metoda spočívá v tom, že obraz při konstantní vzdálenosti předmětu a stínítka vytvořený spojkou zaostříme ve dvou polohách spojky. Ohniskovou vzdálenost spočítáme jako $f' = \frac{d^2 - \Delta^2}{4d}$,

kde d je vzdálenost vzor-obraz a Δ je vzdálenost poloh spojky, pro které jsme našli ostrý obraz ($\Delta = d - (a_1 + (d - a_2))$).

ad b) Příčné zvětšení je $\beta = \frac{y'}{y} = \frac{a'}{a}$ a ohnisková vzdálenost $f' = \frac{a \beta}{1 - \beta}$.

ad c) Nejdříve vytvoříme na stínítce v bodě A pomocí spojky ostrý obraz předmětu. Pak mezi stínítko a spojku umístíme rozptylku do polohy R a nalezneme ostrý obraz na stínítce v bodě A' .

Potom je $a = A - R$ a $a' = A' - R$. Odtud je $f' = \frac{a a'}{a - a'}$.

d) Poloměr křivosti kulové plochy se měří pomocí sférometru. Jsou to indikátorové hodinky s kruhovou obrubou na dolní straně, vůči jejíž hraně se měří rozdíl výšky. Poloměr křivosti je

$r = \frac{Z^2 + h^2}{2h}$, h je výška nad rovinou obruby sférometru a Z je polovina jejího průměru (u spojky

vnitřního, u rozptylky vnějšího). Index lomu světla potom spočteme jako $n = \frac{1}{f'} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)^{-1} + 1$.

Výsledky:

ad a)

n	$\frac{a}{cm}$	$\frac{a'}{cm}$	$\frac{f'}{cm}$
1	22,7	66,3	16,91
2	22,6	64,4	16,73
3	23,3	61,7	16,91
4	23,5	59,9	16,85
5	23,8	57,2	16,78
6	24,0	55,0	16,71
7	24,6	52,4	16,74
8	25,2	49,8	16,73
9	25,7	47,3	16,63
10	26,4	44,6	16,58
11	28,3	40,7	16,69
12	30,0	37,0	16,57
13	33,2	31,8	16,24

Tabulka 1: Přímá metoda

$$f' = (16,70 \pm 0,05) \text{ cm}$$

ad b)

n	$\frac{d}{cm}$	$\frac{a_1}{cm}$	$\frac{a_2}{cm}$	$\frac{\Delta}{cm}$	$\frac{f'}{cm}$
1	72,0	26,1	47,0	20,8	16,49
2	74,0	25,5	50,0	24,5	16,48
3	76,0	25,0	52,4	27,4	16,53
4	78,0	24,2	54,6	30,4	16,54
5	80,0	23,9	57,4	33,6	16,48
6	82,0	23,7	59,7	36,0	16,55
7	84,0	23,3	61,8	38,5	16,59
8	86,0	23,0	64,3	41,3	16,54
9	88,0	22,7	66,4	43,7	16,57
10	90,0	22,3	68,7	46,5	16,51

Tabulka 2: Besselova metoda

$$f' = (16,53 \pm 0,01) \text{ cm}$$

n	$\frac{y'}{cm}$	$\frac{f'}{cm}$
1	12,3	17,13
2	12,0	16,95
3	11,2	17,17
4	10,7	17,07
5	10,2	17,06
6	9,7	16,99
7	9,0	17,03
8	8,4	17,07
9	7,8	16,96
10	7,1	16,89
11	6,1	17,09
12	5,2	16,96
13	4,0	16,60

Tabulka 3: Ze zvětšení

$$f' = (17,00 \pm 0,04) \text{ cm}$$

Vzor měl velikost $y = 4,0 \text{ cm}$.

ad c)

n	$\frac{A}{cm}$	$\frac{R}{cm}$	$\frac{A'}{cm}$	$\frac{f'}{cm}$
1	66,3	49,0	86,3	-32,26
2	66,3	49,0	89,1	-30,43
3	66,1	49,0	88,1	-30,39
4	65,8	51,0	79,4	-30,91
5	65,8	51,0	79,9	-30,33

Tabulka 4: Přímá metoda

$$f' = (-30,86 \pm 0,51) \text{ cm}$$

ad d)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{2Z}{mm}$	34,84	34,86	34,70	34,82	34,80	34,76	34,78	34,90	34,80	34,90

Tabulka 5: Vnitřní průměr obruby pro spojku

$$2Z = (34,82 \pm 0,02) \text{ mm}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\frac{h}{mm}$	1,830	1,836	1,837	1,838	1,840	1,839	1,837	1,839	1,836	1,837	1,838	1,837
n	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\frac{h}{mm}$	1,837	1,839	1,840	1,838	1,837	1,839	1,840	1,840	1,840	1,839	1,840	1,840

Tabulka 6: Výška kulové úseče pro spojku

$$h = (1,8380 \pm 0,0004) \text{ mm}$$

$$r_1 = (83,38 \pm 0,19) \text{ mm}$$

$$r_2 \rightarrow \infty$$

$$n = 1,499 \pm 0,001$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{2Z}{mm}$	37,12	37,14	37,16	37,12	37,18	37,14	37,14	37,16	37,14	37,14

Tabulka 7: Vnější průměr obruby pro rozptylku

$$2Z = (37,14 \pm 0,01) \text{ mm}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\frac{h_1}{mm}$	0,500	0,499	0,498	0,501	0,500	0,500	0,500	0,500	0,499	0,499	0,499	0,500

Tabulka 8: Výška kulové úseče pro rozptylku

$$h_1 = (0,4996 \pm 0,0002) \text{ mm}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\frac{h_2}{mm}$	0,503	0,502	0,504	0,503	0,502	0,502	0,503	0,502	0,502	0,502	0,501	0,502

Tabulka 9: Výška kulové úseče pro rozptylku

$$h_2 = (0,5023 \pm 0,0002) \text{ mm}$$

$$r_1 = (345,37 \pm 0,37) \text{ mm}$$

$$r_2 = (343,52 \pm 0,37) \text{ mm}$$

$$n = 1,558 \pm 0,007$$

$$s_r = \sqrt{\left(\frac{h^2 - Z^2}{2h^2}\right)^2 s_h^2 + \frac{Z^2}{h^2} s_Z^2}$$

$$s_n = \sqrt{\frac{s_{f'}^2}{f'^4} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)^{-2} + \frac{s_{r_1}^2}{r_1^4 f'^2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)^{-4} + \frac{s_{r_2}^2}{r_2^4 f'^2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)^{-4}}$$

Závěr: Všechna měření vyšla s relativními chybami maximálně desetina procenta, spíše však menšími. Poměrně nepřesné měření je přímá metoda u rozptylky, kde je relativní chyba 1,7 %. Ohniskové vzdálenosti změřené různými metodami se liší o několik mm. Chyby jsou způsobeny především subjektivním hodnocením ostrosti obrazu.