

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 2

Zpracoval: Jakub Juránek

Naměřeno: 15. říjen 2012

Obor: UF **Ročník:** II **Semestr:** III

Testováno:

Úloha č. 8: Měření parametrů zobrazovacích soustav

$$T = 22,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p = 973 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 47 \%$$

1. Teorie

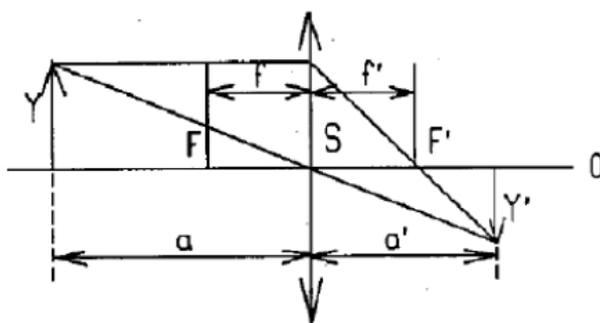
1.1. Povinná část

Měření ohniskové vzdálenosti tenké spojky a tenké rozptylky.

Při dané znaménkové konvenkci platí pro zobrazení čočkou následující zobrazovací rovnice:

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}$$

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



Ohniskovou vzdálenost f' tenké spojky můžeme určit jednak přímou metodou, tedy změřením a a a' , ze vztahu:

$$f' = \frac{aa'}{a - a'}$$

s nejistotou:

$$u(f') = \sqrt{\frac{a'^4}{(a - a')^4} u^2(a) + \frac{a^4}{(a - a')^4} u^2(a')}$$

Příčné zvětšení je dáno vztahem:

$$\beta = \frac{y'}{y}$$

kde y je původní výška předmětu a y' výška obrazu a má tedy nejistotu

$$u(\beta) = \sqrt{\frac{y'^2}{y^4} u^2(y) + \frac{1}{y^2} u^2(y')}$$

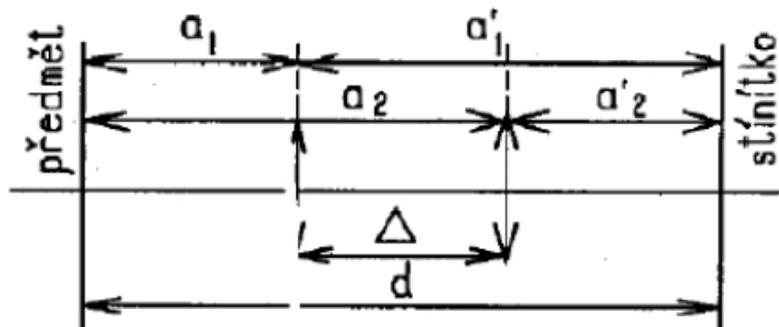
Další možností je pak určení ohniskové vzdálenosti tenké spojky právě z příčného zvětšení ze vztahu:

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

s nejistotou:

$$u(f') = \sqrt{\frac{1}{(1 - \beta)^2} u^2(a') + \frac{a'^2}{(1 - \beta)^4} u^2(\beta)}$$

Poslední metodou, kterou stanovíme ohniskovou vzdálenost tenké spojky je Besselova metoda. Použijeme následující uspořádání



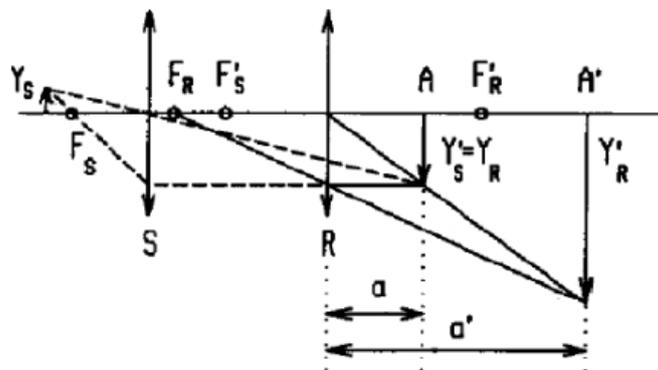
Pro výpočet ohniskové vzdálenosti uijeme vztahu:

$$f' = -\frac{a_1 a_2}{d}$$

z čehož dostáváme nejistotu:

$$u(f') = \sqrt{\frac{a_2^2}{d^2} u^2(a_1) + \frac{a_1^2}{d^2} u^2(a_2) + \frac{a_1^2 a_2^2}{d^4} u^2(d)}$$

Pro stanovení ohniskové vzdálenosti tenké rozptylky přímou metodou je nutno před ní postavit ještě spojku tak, aby obraz vytvořený spojkou byl neskutečným obrazem pro rozptylku. Použijeme tedy následující uspořádání:



kde R je poloha rozptylky, A poloha obrazu spojky a A' poloha obrazu rozptylky. Z toho dostáváme:

$$a = A - R \quad a' = A' - R$$

Příčemž tyto hodnoty a a a' už stačí dosadit do vztahu pro ohniskovou vzdálenost v přímé metodě pro spojku a analogicky spočítat i její nejistotu.

1.2. Varianta A

Určení indexu lomu čoček z ohniskové vzdálenosti a měření křivosti.

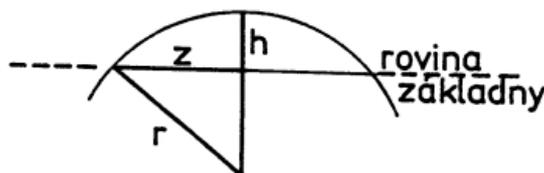
Index lomu tenké čočky můžeme vypočítat ze vztahu:

$$n = 1 + \frac{r_1 r_2}{f'(r_2 - r_1)}$$

s nejistotou:

$$u(n) = \frac{1}{f'^2(r_2 - r_1)^2} \sqrt{r_1^2 r_2^2 (r_2 - r_1)^2 u^2(f') + f'^2 r_2^4 u^2(r_1) + f'^2 r_1^4 u^2(r_2)}$$

Poloměry křivosti lámavých ploch r_1, r_2 určíme sférometrem, dle obrázku:



a spočteme jako:

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

s nejistotou:

$$u(r) = \sqrt{\frac{z^2}{h^2} u^2(h) + \frac{(h^2 - z^2)^2}{4h^4} u^2(z)}$$

2. Měření

2.1. Povinná část

Přímou metodu a příčné zvětšení budeme měřit současně.

Nejprve změříme výšku vzoru

$$y = (40 \pm 1) \text{ mm}$$

Nyní pro 10 poloh změříme předmětovou a a obrazovou a' vzdálenost a výšku obrazu y' .

Ohniskovou vzdálenost z přímé metody označme f'_1 a z příčného zvětšení f'_2 .

Nejistoty vzdáleností a a a' a výšky y' stanovme na 2 mm.

a [mm]	a' [mm]	y' [mm]	β	f'_1 [mm]	f'_2 [mm]
-212	598	-145	-2,90	157	153
-215	575	-136	-2,72	156	155
-220	553	-129	-2,58	157	154
-229	511	-116	-2,32	158	154
-232	488	-108	-2,16	157	154
-243	447	-96	-1,92	157	153
-251	419	-87	-1,74	157	153
-261	389	-79	-1,58	156	151
-310	310	-54	-1,08	155	149
-323	277	-48	-0,96	149	141

$$f'_1 = (157 \pm 1) \text{ mm}$$

$$f'_2 = (153 \pm 3) \text{ mm}$$

V Bresselově metodě měříme vzdálenosti a_1 , a_2 a d , všechny s nejistou opět 2 mm. Ohniskovou vzdálenost získanou touthle metodou označme f'_3 .

d [mm]	a_1 [mm]	a_2 [mm]	f'_3 [mm]
680	265	388	151
710	253	430	153
740	237	480	154
760	233	504	155
780	227	530	154
810	225	568	158
820	224	579	158
830	221	590	157
840	219	602	157
860	218	629	159
880	215	650	159
900	210	673	157
920	206	691	155

$$f'_3 = (157 \pm 2) \text{ mm}$$

Na konec budeme měřit ohniskovou vzdálenost rozptylky, kterou označíme f'_4 .

a [mm]	a' [mm]	f'_4 [mm]
103	217	-196
143	213	-435
100	164	-256
105	185	-243
123	248	-244
156	339	-289
96	153	-258
116	189	-300
103	150	-329
73	112	-210

Vidíme, že druhá hodnota nám uletěla mimo, proto ji v dalším vynecháme.

$$f'_4 = (-256 \pm 19) \text{ mm}$$

2.2. Varianta A

Pro každou stranu čočky změříme pětkrát výšku h , s nejistotu 0,001 mm.

Uvědomme si, že pro spojku používáme vnitřní obvod sférometru, je tedy nutno brát vnitřní poloměr, a pro rozptylku vnější poloměr.

Veličiny pro spojku budeme značit indexem S, pro rozptylku S.

Nejprve změříme poloměry z a to přes $2z$ s nejistotou 0,1 mm.

vnitřní	vnější
$2z_S$ [mm]	$2z_R$ [mm]
35,0	37,1
34,8	37,2
34,9	37,1
34,8	37,1
34,9	37,2

$$z_S = (17,45 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$z_R = (18,55 \pm 0,05) \text{ mm}$$

spojka		rozptylka	
h_{1S} [mm]	h_{2S} [mm]	h_{1R} [mm]	h_{2R} [mm]
-1,838	-0,005	0,505	0,505
-1,893	-0,006	0,504	0,502
-1,840	-0,004	0,508	0,502
-1,839	-0,006	0,504	0,508
-1,840	-0,005	0,510	0,501

$$h_{1S} = (-1,840 \pm 0,001) \text{ mm}$$

$$h_{2S} = (-0,005 \pm 0,001) \text{ mm}$$

$$h_{1R} = (0,505 \pm 0,002) \text{ mm}$$

$$h_{2R} = (0,505 \pm 0,002) \text{ mm}$$

Dále si uvědomme, že ze znaménkové konvence plyne, že v obou případech musí být brát jeden poloměr jako kladný a jeden jako záporný.

Pro výpočet indexů lomu vezmeme pro spojku ohniskovou vzdálenost f'_1 a pro rozptylku f'_4 z povinné části.

Celkově tedy dostaneme:

$$n_S = (1,53 \pm 0,02)$$

$$n_R = (1,67 \pm 0,07)$$

3. Závěr

Měření ohniskové vzdálenosti spojky jsme provedli třemi různými metodami a v rámci nejistot nám vyšli prakticky stejná čísla.

Ohnisková vzdálenost rozptylky nám vyšla z velkou nejisotou. Je velmi pravděpodobné, že se zde nejvíce projevila zdravotní indispozice měřícího, díky které bylo opravdu složité odhadnout nejostřejší obraz a jeho přesnou polohu.

Indexy lomu čoček odpovídají tabulkovému indexu lomu skla, který se pohybuje mezi 1,5 až 1,9.