

Měření některých parametrů čoček a optických soustav.

Úvod.

Cílem úlohy je seznámit se se základními metodami měření hlavních parametrů čoček, zrcadel a obecných optických soustav.

Teorie úlohy.

K úplnému popisu soustavy je třeba znát polohy hlavních bodů /nahlédněte do přednášek z optiky, co jsou hlavní roviny, body atd. optické soustavy / a ohniskové vzdálenosti. Rozlišujeme ohniskovou vzdálenost předmětovou a obrazovou - obě si v absolutní hodnotě rovnají, je-li před soustavou a za soustavou prostředí o stejném indexu lomu.

1/ měření ohniskové vzdálenosti tenkých čoček

U tenkých čoček můžeme předpokládat, že hlavní a uzlové body splývají a leží v průsečíku optické osy s rovinou středního řezu čočky. K úplnému určení geometrie zobrazení tenkou čočkou tedy stačí udat její ohniskovou vzdálenost. Při všech měřeních předpokládáme práci s paraxiálními paprsky. Pokud by se použití širšího světelného svazku projevilo v rozmazání části obrazu, je nutno svazek omezit vhodnou clonkou.

a/ stanovení ohniskové vzdálenosti tenké spojky z polohy předmětu a obrazu

Pro zobrazení tenkou čočkou /viz obr. 8.1/ platí zobrazovací rovnice ve tvaru

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f'} \quad , \quad /8.1/$$

kde a , a' jsou po řadě vzdálenosti předmětu a obrazu od středu čočky, f' je obrazová ohnisková vzdálenost. Změříme-li a i a' , můžeme ze vztahu /8.1/ určit hledanou ohniskovou vzdálenost.

b/ určení ohniskové vzdálenosti tenké spojky z příčného zvětšení

Dosazením definičního vztahu pro příčné zvětšení do zobrazovací rovnice tenké čočky dostaneme pro ohniskovou vzdálenost vztah

$$f' = a' \frac{1}{1 + |\beta|} \quad . \quad /8.2/$$

Při měření použijeme jako předmět průhledné milimetrové měřítko, které měřená čočka zobrazuje na stínítka opatřené rovněž milimetrovou stupnicí. Srovnáním údajů obou měřítek určíme zvětšení. Pro zvýšení přesnosti měření je vhodné volit a co největší.

c/ stanovení ohniskové vzdálenosti tenké spojky Besselovou metodou

Výhodou předchozích dvou metod je jejich jednoduchost, nevýhodou především to, že je třeba určovat vzdálenosti od středu čočky, což bývá v praxi zatíženo poměrně velkou chybou, zpravidla tím větší, čím je čočka tlustší.

Besselova metoda /viz obr. 8.2/ tuto nevýhodu odstraňuje. Nejprve zvolíme vzdálenost e předmětu od stínítka tak, aby platilo $e > 4f'$ / f' je odhadnutá ohnisková vzdálenost měřené čočky, např. na základě měření předchozími dvěma metodami/ a ponecháme ji po celé měření stálou. Dále hledáme dvě takové polohy spojky /polohy I, II v obr. 8.2/, které dávají na stínítka ostrý obraz předmětu - jednou zmenšený, podruhé zvětšený. Polohy I, II čočky jsou samozřejmě symetrické vzhledem ke středu vzdálenosti předmětu a stínítka. Podle obrázku platí

$$e = a + a', \quad \Delta = a' - a.$$

Dosazením do /8.1/ dostaneme pro ohniskovou vzdálenost vztah

$$f' = \frac{e^2 - \Delta^2}{4e} \quad /8.3/$$

přičemž potřebné údaje e i Δ /viz výše/ lze měřit velmi přesně.

d/ stanovení ohniskové vzdálenosti tenké rozptylky

Rozptylka vytváří vždy neskutečný obraz předmětu. Proto měřenou rozptylku kombinujeme se spojkou o větší optické mohutnosti, čímž dostaneme spojnou optickou soustavu, jejíž ohniskovou vzdálenost jsme schopni měřit výše uvedenými metodami. Pro ohniskovou vzdálenost kombinované optické soustavy platí vztah /zkuste odvodit/

$$f' = \frac{f_1' \cdot f_2'}{f_1' + f_2' - d} \quad /8.4/$$

kde d je vzdálenost obou čoček.

Vlastní měření provádíme v uspořádání podle /obr. 8.3/. Předmět P_1 /umístěný ve vzdálenosti a' před spojkou/ spojka zobrazí na obraz P_1' /ve vzdálenosti p' za spojkou/. Rozptylka je za spojkou ve vzdálenosti $d < a'$ umístěna tak, že obraz P_1' vytvořený spojkou leží mezi rozptylkou a jejím předmětovým ohniskem. Obraz P_1' je pro rozptylku virtuálním předmětem, jehož vzdálenost od rozptylky je $p = a' - d$. Rozptylka vytvoří reálný obraz P_2' tohoto předmětu ve vzdálenosti f_2 od rozptylky.

Ze zobrazovací rovnice rozptylky

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f_2} \quad /8.5/$$

plyne pro hledanou ohniskovou vzdálenost

$$f_2 = \frac{(a' - d) p'}{a' - d - p'} \quad /8.6/$$

Měříme tedy vzdálenosti a' , p' a d . Nejdříve změříme polohu obrazu vytvořeného samotnou spojkou, potom přidáme rozptylku a posuvem rozptylky a matnice hledáme polohu, kdy se vytvoří ostrý zvětšený obraz P_2' .

Úkol: stanovte ohniskovou vzdálenost tenkých čoček výše uvedenými metodami.

Pomůcky: optická lavice s milimetrovým měřítkem, osvětlovací udroj, držáky čoček, stínítka, kruhová clona, průhledné mm měřítko, spojky a rozptylky.

Poznámky k provedení úlohy:

1. V případě potřeby čistíme optické plochy čistým suchým flanelovým hadříkem.
2. Čočky upínáme do držáků tak, aby nedošlo k jejich poškození.
3. Při každém měření nezapomeneme optickou soustavu vycentrovat, tj. nastavit všechny prvky /předmět, kolimátor, čočky, clonu, .../ do jedné přímky /optické osy/, rovnoběžné s osou optické lavice.
4. Provádíme dostatečný počet měření, abychom vždy mohli stanovit přesnost výsledku.
5. Posoudíme přesnost jednotlivých metod.

Další úkol:

Proved'te měření para metrů čoček dioptrimetrem.

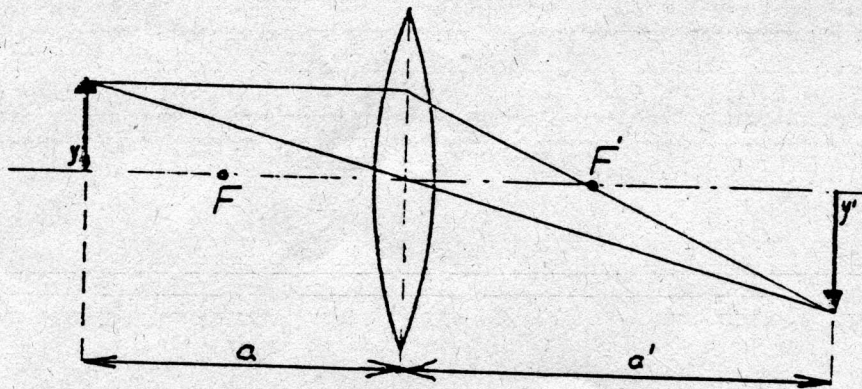
Návod k obsluze dioptrimetru je na síti.

2/ měření parametrů tlustých čoček a složených soustav

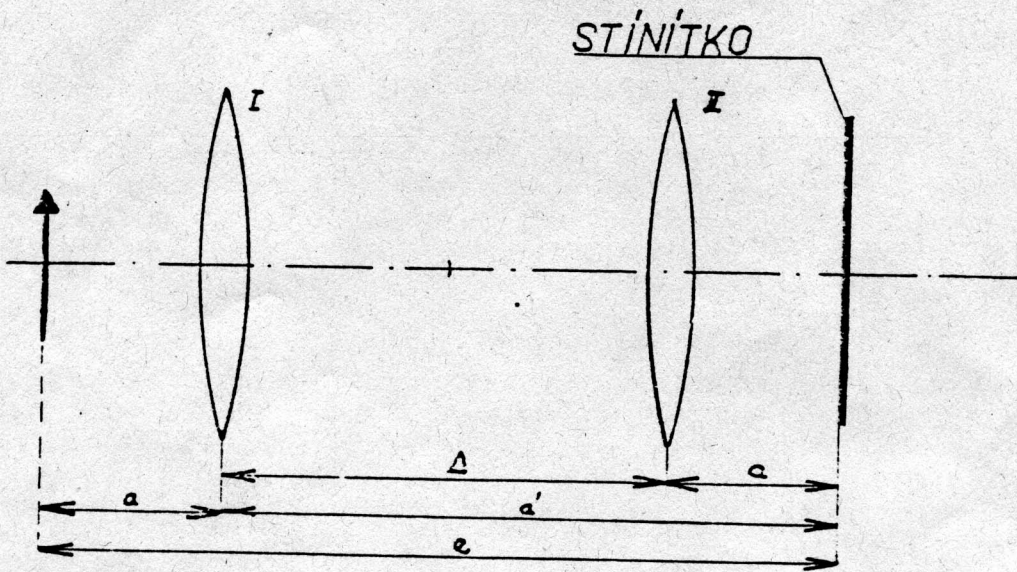
U tato měření bude úloha doplněna po vybavení laboratoře kolimátem.

3/ měření parametrů zrcadel

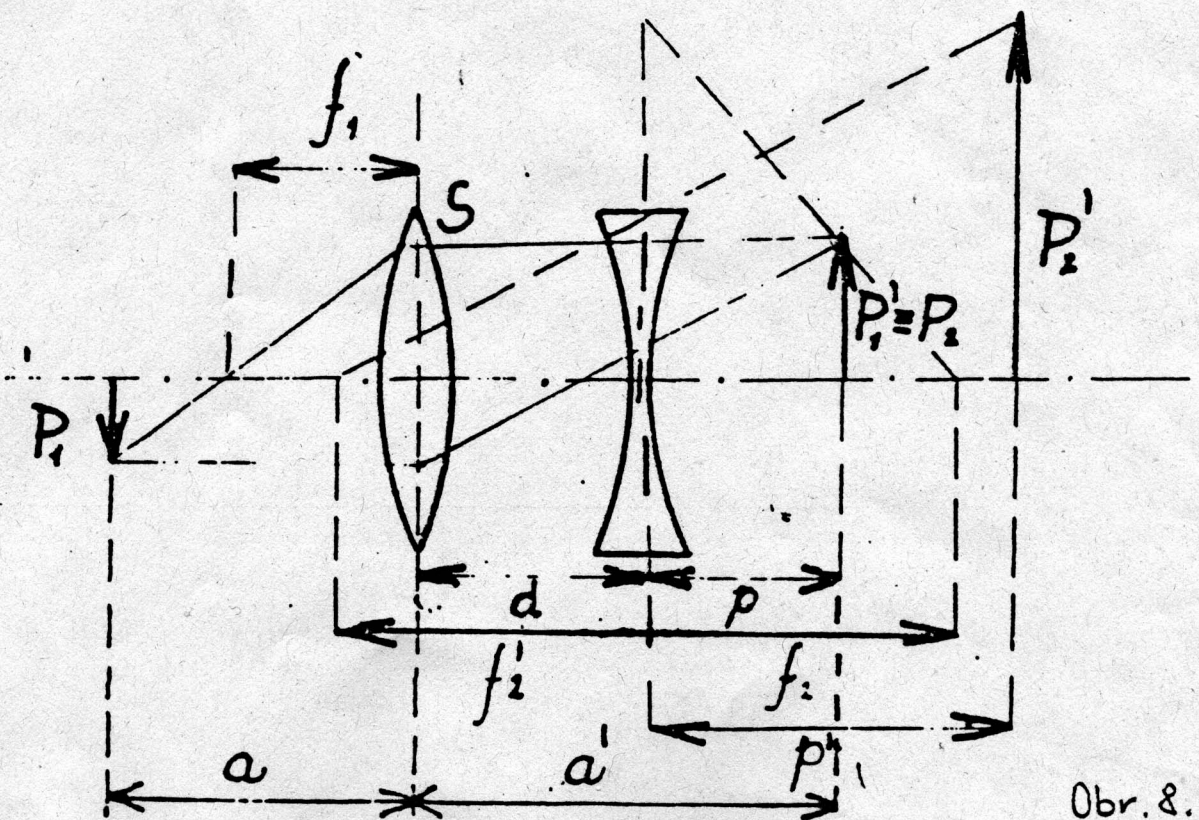
Bude doplněno po vybavení laboratoře kulovými zrcadly /jsou objednány/.



Obr. 8.1



Obr. 8.2



Obr. 8.3