

5. Úlohy z optiky

5.1 Měření parametrů jednotlivých zobrazovacích soustav

Prostudujte



BROŽ, J. *Základy fyzikálních měření*. 1. vyd. Praha: SPN, 1983, čl. 6.3.2.1.

Základním parametrem každé zobrazovací soustavy je zejména její ohnisková vzdálenost. Existuje řada metod k jejímu určení, v praktiku užijeme metody které jsou jednoduché ale vyznačují se určitou mírou nepřesnosti, plynoucí z řady skutečností: použité vztahy platí pro velmi tenké čočky, dále zde hrají roli vady čoček (např. chromatická a sférická vada, koma, astigmatismus aj.), užití bílého a nikoli monofrekvenčního světla, atd. Proto dané praktikum lze pokládat za orientační měření.

1. Určení ohniskové vzdálenosti tenké spojky přímou metodou

Tenká čočka je čočka, jejíž tloušťka je malá vzhledem k jejímu poloměru křivosti. K určení geometrie zobrazení tenké čočky stačí znát její ohniskové vzdálenosti.

Princip měření

Je-li předmět umístěn „před“ ohniskem spojky, je poloha obrazu a předmětu dána zobrazovací rovnicí mající tvar

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}, \quad (1)$$

kde a je vzdálenosti předmětu od středu čočky, a' je vzdálenost obrazu od středu čočky a f ohnisková vzdálenost spojky. Změříme-li přímo vzdálenosti a a a' , k určení

ohniskové vzdálenosti f získáme vztah

$$f = \frac{aa'}{a + a'} \quad (2)$$

Úkol

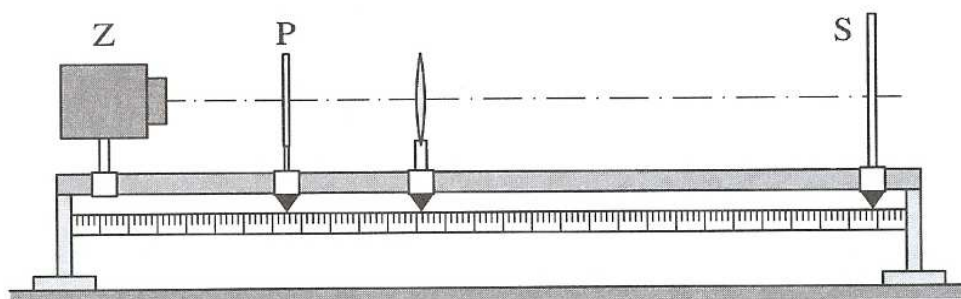
Určete ohniskovou vzdálenost spojky přímou metodou

Potřeby

Optická lavice s příslušenstvím, zdroj světla.

Postup měření

1. Na optické lavici s milimetrovou stupnicí sestavte zobrazovací soustavu složenou ze zdroje světla, optické clony s vyříznutým profilem (představuje předmět), čočky a stínítka.
2. Postupně měňte polohu čočky a stínítka tak, abyste na ní dostali co nejostřejší obraz. Obraz na stínítku vznikne za předpokladu splnění podmínky: $a + a' \geq 4f$.
3. Naměřené hodnoty vzdáleností v milimetrech zanepte do tabulky, ze vztahu (2) určete ohniskovou vzdálenost spojky



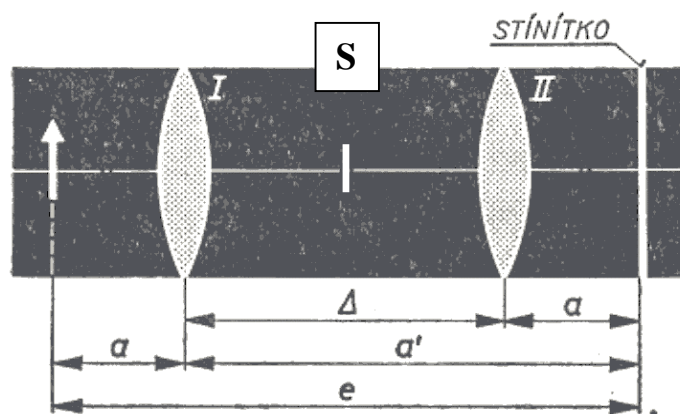
Obr. 5.1: Optická lavice s příslušenstvím při měření přímou metodou

2. Určení ohniskové vzdálenosti spojky Besselovou metodou

U předešlé metody byla měřena předmětové a obrazové vzdálenosti, měřené od středu čočky. Přesné měření těchto vzdáleností je problematické neboť každá spojka má určitou tloušťku a výsledky jsou tak zatíženy systematickou chybou.

Princip měření

Besselova metoda tento nedostatek odstraňuje. Podstatu tvoří poznatek, že existují dvě polohy čočky, při nichž v poloze *I* se na stínítku vytvoří obraz zvětšený, v poloze *II* zmenšený. Z obrázku 5.2 je rovněž patrné, že obě polohy budou položeny symetricky vzhledem ke středu vzdálenosti mezi předmětem a stínítkem.



Obr. 5.2: Dvě polohy čoček při Besselově metodě

Z obr. 5.2 plynou vztahy

$$a + a' = e$$

$$a' - a = \Delta,$$

dosazením do vztahu (2) dostáváme vzorec pro výpočet ohniskové vzdálenosti spojky

$$f = \frac{e^2 - \Delta^2}{4e}, \quad (3)$$

kde e je vzdálenost předmětu od stínítka a Δ vzájemná vzdálenost dvou poloh čoček, kdy na stínítku zachytíme obraz. Dá se ukázat, že obraz na stínítku dostaneme při splnění podmínky, kdy $e > 4f$.

Úkol

Změřte ohniskovou vzdálenost spojky pomocí Besselovy metody

Potřeby

Optická lavice s příslušenstvím, zdroj světla.

Postup měření

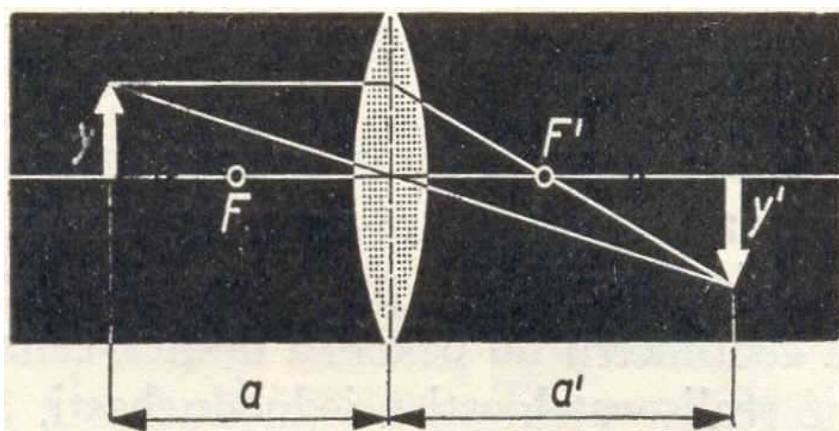
1. K zobrazení použijte stejný předmět jako při měření přímou metodou.
2. Osvětlený předmět a stínítko umístěte na optickou lavici v určité vzdálenosti od sebe.
3. Volte různou vzdálenost předmětu od stínítka e a hledejte dvě polohy spojky, jejichž rozdílem je hodnota Δ . Pokud obraz nezachytíte, změňte vzdálenost stínítka a předmětu.

3. Stanovení ohniskové vzdálenosti tenké spojky z příčného zvětšení

Princip měření

Pro příčné zvětšení Z podle obr. 5.3 platí

$$|Z| = \left| \frac{y'}{y} \right| = \frac{a'}{a}. \quad (4)$$



Obr. 5.3: K určení ohniskové vzdálenosti z příčného zvětšení

Rovnici můžeme přepsat do tvaru:

$$f = a' \frac{1}{1 + \frac{a'}{a}}, \quad (5)$$

a dosazením z rovnice (4) dostaneme vztah, který použijeme pro určení ohniskové vzdálenosti

$$f = \frac{a'}{1 + |Z|}. \quad (6)$$

Úkoly

1. Určete ohniskovou vzdálenost spojky z příčného zvětšení

Kontrolní otázky



- Jedná se o nepřímé měření. Porovnejte chybu měřidla se statistickou chybou a vyjádřete celkovou chybu měření.
- Porovnejte výsledky měření uvedených tří metod.

Potřeby

Optická lavice s příslušenstvím, zdroj světla, arch milimetrového papíru.

Postup měření

1. Na optické lavici sestavte zobrazovací soustavu. Jako předmět použijte zvolenou délku na průhledném milimetrovém měřítku umístěném na místo optické clony s vyříznutým profilem. Tímto způsobem máte danu výšku předmětu y .
2. Obraz měřítka zobrazujte na stínítku opatřeném milimetrovým papírem.
3. Toto uspořádání vám umožňuje snadno odečítat výšku obrazu y' na stínítku.
4. Ohniskovou vzdálenost určete z rovnice (6).

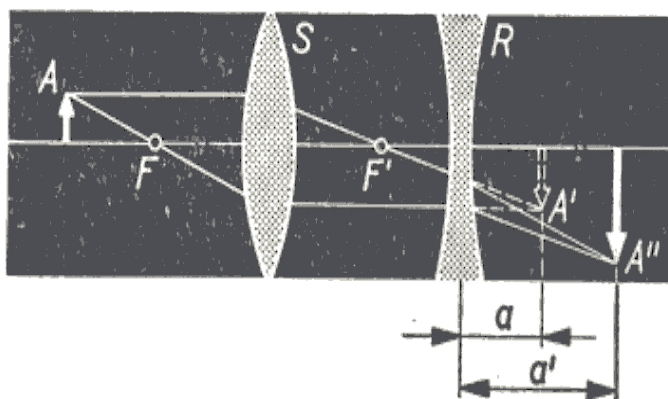
Poznámky



- Přesnost měření zvýšíte, bude-li a' co největší, ale současně bude dobře měřitelná výška obrazu.

4. Stanovení ohniskové vzdálenosti tenké rozptylky

Rozptylky vytvářejí vždy neskutečné obrazy předmětů. Není jej proto možné zachytit na stínítku. Postupujeme tak, že k měřené rozptylce přidáme spojku, takže obě čočky tvoří soustavu s výslednou kladnou optickou mohutností. Uspořádání je na obr. 4.



Obr. 5.4: Měření ohniskové vzdálenosti tenké rozptylky

Princip měření

Svazek paprsků vycházejících z bodu A předmětu se projitím spojkou S sbíhá v bodě A', kde je jeho obraz. Vložíme-li tomuto svazku do cesty rozptylku R tak, aby bod A' ležel mezi ní a jejím předmětovým ohniskem, nebude se skutečný svazek paprsků sbíhat v bodě A', nýbrž v bodě A''. Bod A'' představuje obraz bodu A vytvořený soustavou obou čoček. Pro rozptylku představuje bod A' neskutečný předmět, takže jeho obraz pak lze na stínítku zachytit a určit její ohniskovou vzdálenost.

Zobrazovací rovnice pak má tvar:

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = -\frac{1}{f} \quad (7)$$

v níž f je ohnisková vzdálenost rozptylky, a' a a vzdálenosti obrazu a předmětu, vše brané v absolutních hodnotách. Odtud:

$$f = \frac{aa'}{a' - a} \quad (8)$$

Úkol

Určete ohniskovou vzdálenost rozptylky

Potřeby

Optická lavice s příslušenstvím, zdroj světla.

Postup měření

1. Na optickou lavici umístěte osvětlený předmět, spojku a stínítko.
2. Posouváním stínítka najděte ostrý obraz zobrazovaného předmětu A' a jeho polohu změřte.
3. Mezi spojnou čočku a nalezený obraz A' zařadte měřenou rozptylku a posouváním stínítka opět najděte ostrý obraz, získáte tak obraz bodu A' .
4. Z polohy měřené rozptylky, určete vzdálenosti a , a' a vypočítejte ze vztahu (8) její ohniskovou vzdálenost.