

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM FJFI ČVUT V PRAZE

Datum měření: 11.3.2011	Jméno: Jakub Kákona
Pracovní skupina: 4	Ročník a kroužek: Pa 9:30
Spolupracovníci: Jana Navrátilová	Hodnocení:

Geometrická optika - Ohniskové vzdálenosti čoček a zvětšení optických přístrojů

Abstrakt

Úloha se zabývá měřením základních geometrických parametrů zobrazovacích elementů.

1 Úvod

1.1 Zadání

1. Určete ohniskovou vzdálenost tenké spojky následujícími metodami: odhadem, autokolimací, ze znalosti polohy předmětu a jeho obrazu (pro čtyři různé polohy předmětu; provést též graficky). Pokud jste se v Základech fyzikálních měření již s těmito metodami seznámili, je pro Vás tento úkol nepovinný.
2. Besselovou metodou určete ohniskovou vzdálenost tenké spojky. V přípravě odvoďte rovnici č.(8) a načrtněte chod paprsků v obou případech, kdy je vidět ostrý obraz. Proč je nutná podmínka $e > 4f$? Na čem závisí ohnisková vzdálenost čočky?
3. Určete ohniskovou vzdálenost tenké rozptylky.
4. Besselovou metodou změřte ohniskovou vzdálenost mikroskopického objektivu a Ramsdenova okuláru. V přípravě vysvětlete rozdíl mezi Ramsdenovým a Huygensovým okulárem.
5. Abyste mohli určit optický interval mikroskopu v pracovním úkolu č. 7, určete nejprve polohy ohniskových rovin okuláru a objektivu. Rozmyslete si, zda potřebujete znát polohy jejich předmětových nebo obrazových ohniskových rovin.
6. Změřte zvětšení lupy při akomodaci oka na normální zrakovou vzdálenost. Stanovte z ohniskové vzdálenosti lupy zvětšení při oku akomodovaném na nekonečno.
7. Z mikroskopického objektivu a Ramsdenova okuláru sestavte na optické lavici mikroskop a změřte jeho zvětšení. Rozmyslete si, jak velký optický interval je vhodné zvolit.
8. Ze spojky +200 a Ramsdenova okuláru sestavte na optické lavici dalekohled a změřte jeho zvětšení přímou metodou a z poměru průměrů vstupní a výstupní pupily. V přípravě vysvětlete rozdíl mezi Galileovým a Keplerovým dalekohledem, načrtněte chod paprsků v obou případech.
9. Výsledky měření zvětšení mikroskopu a dalekohledu porovnejte s hodnotami vypočítanými z ohniskových vzdáleností a optického intervalu. Ohniskové vzdálenosti jste naměřili s určitou chybou, můžete proto počítat i chybu vypočítaných zvětšení.

2 Experimentální uspořádání a metody

2.1 Pomůcky

Optická lavice s jezdcí a držáky čoček, žárovka, mikroskopický objektiv, Ramsdenův okulár v držáku s Abbeho kostkou, spojné čočky +100, +200, rozptylka -100, matnice, clona s otvorem, clona se šípkou, pomocný světelný zdroj s milimetrovou stupnicí, objektivový mikrometr se stupnicí 100 x 0,01 mm, matnice se stupnicí 50 x 0,1 mm, pomocný mikroskop se stupnicí v zorném poli, pomocný dalekohled.

2.2 Teoretický úvod

Pro tenkou spojnou čočku platí v případě geometrické optiky čočková zobrazovací rovnice

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

obdobnou rovnici můžeme zapsat i pro rozptylku

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = -\frac{1}{f}. \quad (2)$$

V obou případech je a i a' předmětová a obrazová vzdálenost.

Boční zvětšení je definováno vztahem

$$\beta = \frac{y'}{y}. \quad (3)$$

Kde y a y' jsou velikosti objektu a obrazu.

Pro měření Besselovou metodou použijeme výraz

$$f = \frac{e^2 - d^2}{4e}. \quad (4)$$

e je pak celková vzdálenost mezi předmětem a stínítkem a d je vzdálenost mezi polohami čočky v kterých bylo možné na stínítku pozorovat ostrý obraz.

Zvětšení okuláru je dáno vztahem

$$Z_2 = \frac{l}{f_2}. \quad (5)$$

Zvětšení mikroskopu spošteme vztahem

$$Z = Z_1 Z_2 = \frac{\Delta l}{f_1 f_2}, \quad (6)$$

Oboje je vztaženo k takzvané konvenční zrakové vzdálenosti, která je $l=25\text{cm}$.

3 Výsledky a postup měření

3.1 Ohnisková vzdálenost tenké spojky

Ohniskovou vzdálenost tenké spojky jsme měřili Besselovou metodou. Pro dostatečně velkou vzdálenost stínítka a předmětu, v našem případě $e=76\text{cm}$ jsme našli dvě polohy čočky, které na stínítku dávaly výsledný obraz vzdálenost mezi těmito pozicemi byla 11,8cm. Dosazením do vzorce pak dostaneme ohniskovou vzdálenost spojky $f=18,54\text{cm}$.

3.2 Ohnisková vzdálenost tenké rozptylky

Pro měření ohniskové vzdálenosti rozptylky bylo nutné požit ještě spojku, neboť rozptylka nedovede sama o sobě vytvářet skutečný obraz. Jako spojku jsme použili čočku s označením +100. Naměřili jsme vzdálenosti optických elementů $l_1=47,7\text{cm}$ $l_2=43,9\text{cm}$ $l_3=50,9\text{cm}$. Použitím zobrazovací rovnice pak dostáváme ohniskovou vzdálenost rozptylky $f=8,31\text{cm}$.

3.3 Ohnisková vzdálenost mikroskopického objektivu a Ramsdenova okuláru

Ohniskové vzdálenosti optických soustav okuláru a objektivu jsme měřili opět Besselovou metodou. Pro objektiv jsme naměřili hodnoty $e=31,5\text{cm}$ a $d=25,5\text{cm}$ pro okulár bylo $e=25,5\text{cm}$ a $d=18,3\text{cm}$. Vyčíslením vzorce pak dostáváme ohniskovou vzdálenost okuláru $3,09\text{cm}$ a v případě objektivu $2,71\text{cm}$.

3.4 Zvětšení lupy

Měření zvětšení lupy jsme provedli přímou metodou měřením poměru dvou stupnic zobrazených na sebe pomocí Abbeho kostky. Tím jsme určili zvětšení lupy na hodnotu $8x$. Z námi změřené ohniskové vzdálenosti okuláru který byl použitý, jako lupa vyplývá ze vzorce hodnota zvětšení při akomodaci oka na nekonečno $8,09x$.

3.5 Zvětšení mikroskopu

Pro výpočet zvětšení bylo třeba zjistit vzdálenosti ohniskových rovin okuláru a objektivu. Ty jsme určili jako $0,6\text{cm}$ a $1,08\text{cm}$ Potom jsme z okuláru a objektivu na optické lavici sestavili mikroskop a změřili jeho zvětšení za použití velmi jemné stupnice. Pro zvolenou vzdálenost objektivu a okuláru $23,2\text{cm}$ nám vyšlo zvětšení $44x$.

4 Závěr

Besselovou metodou jsme určili ohniskovou vzdálenost spojky s označením +150 na $f=18,54\text{cm}$. Dále jsme určili ohniskovou vzdálenost rozptylky -100 jako $f=8,31\text{cm}$ a také ohniskové vzdálenosti mikroskopového okuláru $f=3,09\text{cm}$ a objektivu $f=2,71\text{cm}$. Při měření zvětšení okuláru použitého, jako lupa nám vyšla hodnota zvětšení $8x$. Změřit parametry dalekohledu sestaveného na stativu se nám z časových důvodů nepodařilo. I přes to, že jsme z důvodu úspory času v každém úkolu měřili pouze jednu hodnotu a nemůžeme tak statisticky určit chybu měření.

Reference

- [1] <http://praktika.fjfi.cvut.cz/GeomOptika/> -Zadání úlohy