

Fyzikální praktikum 4

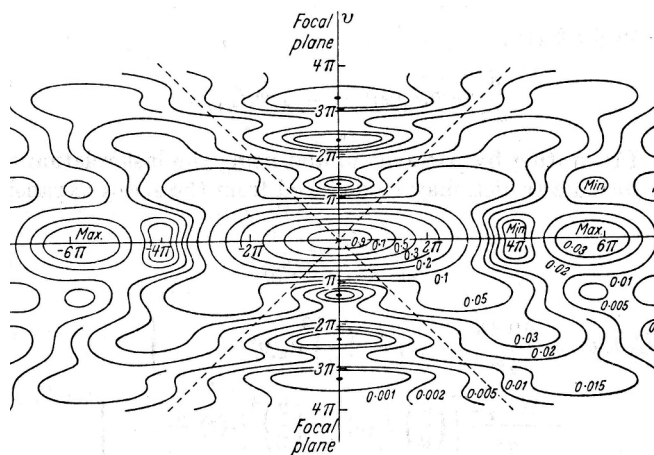
Studium rozložení světla v okolí Gaussova obrazu bodového zdroje - vliv difrakce optické soustavy na zobrazení

Domácí příprava

Nalezněte vztahy platné pro rozložení světla v okolí ohniska čočky (lze doplnit i během praktika). Z těchto vztahů odvodte odhady velikosti difrakčního obrazce, uvedené níže v tomto návodu.

Pomocí zobrazovací rovnice převedte pohyb čočky podél optické osy na změnu polohy obrazu při zachování polohy (bodového) zdroje.

doporučená literatura: [1] Born, Wolf: Principles of optics
[2] Kuběna: Úvod do optiky



Obrázek 1: Izofoty teoretického rozložení světla ze vzdáleného bodového zdroje v řezu okolí ohniska čočky. [1]

Úvod

V této úloze se pokusíme nasnímat deatil rozložení světla v okolí bodového obrazu, vytvořeného čočkou v prostoru. Trojrozměrné světelné pole v oblasti našeho zájmu nasnímáme postupně v několika řezech kolmých k ose optické soustavy za pomoci digitálního fotoaparátu zbaveného objektivu.

Podle teorie je každé takové zobrazení zatíženo *vadami* použité optické soustavy (odstranitelně, alespoň do jisté míry) a *ohybem* světla (nevyhnutelně).

Všechny jevy spojené s vlnovou povahou světla se škálují relativně vzhledem k použité vlnové délce, kritickým parametrem zpravidla bývá průměr vstupní apertury. Máme-li například čočku o ohniskové vzdálenosti f a průměru D , můžeme kromě zavedení popisné veličiny *clony*,

$$c = \frac{f}{D},$$

vyjádřit velikost přibližně válcové oblasti, do které je reálně fokusována většina světlo namísto do bodového obrazu, prostřednictvím jejího průměru d a délky l jako

$$\frac{d}{\lambda} \doteq \frac{3.8317}{\pi} c \quad \text{a} \quad \frac{l}{\lambda} \doteq 4c^2.$$

Kritickým bodem celé úlohy bude vytvoření podmínek popisovaných výše, konkrétně ustavení **bodového** zdroje světla. Kromě přizpůsobení prostorové charakteristiky budované osvětlovací soustavy je navíc potřeba uvážit, že budeme snímat světlo v oblasti jeho fokusace a mohlo by dojít až k poškození CCD čipu fotoaparátu.



Obrázek 2: Konstrukce optické cesty na optické lavici.

Součásti optické soustavy pro měření aberací

Zdrojem (monochromatického) světla bude **laserová dioda** s přídatnou **kolimační čočkou** a případnými **šedými filtry** pro regulaci osvětlení detektoru. Světlo za kolimační čočkou je téměř nerozšířené s průměrem svazku přibližně 1 mm, v případě potřeby je možné svazek rozšířit použitím **beam expanderu** (cca 3x).

Konstrukce rozšiřovače svazku v nejjednodušším případě zahrnuje dvě čočky umístěné tak, aby z rovnoběžného dopadajícího svazku světla vytvořily opět rovnoběžný svazek světla, ovšem zvětšeného průřezu. Jedná se tedy v podstatě o (zadím dopředu orientovaný) malý dalekohled, jehož čočky jsou spojené příslušnými ohniskovými body, resp. zpravidla je pro lepší dosažení paralelního vystupujícího svazku umožněn ostřicí pohyb jedné z komponent rozšiřovače. Do osvětlovací části soustavy je možné zahrnout fokusační optiku podle potřeby, doporučuje se prostorová filtrace světla **štěrbinou** za účelem zlepšení bodovosti zdroje. Za jednoduchou spojku, která nám bude sloužit za optickou soustavu, jejíž chování studujeme, bude detektorem světla **digitální zrcadlovka** s odstraněným objektivem.

Postup měření

Celou optickou soustavu budeme budovat na **optické lavici**, každý optický člen bude mít svůj držák a stojan. Pro vybrané členy je potřeba aplikovat na držáky také závitové pohyby pro jemné doladění jejich polohy.

Prvním úkolem je justování optické cesty. Za tímto účelem vycentrujeme stopu z diody na snímači fotoaparátu, přičemž nezapomene použít šedý filtr, aby nedošlo k poškození CCD. Dbáme přitom na to, aby cesta světla byla vodorovná a orientovaná souběžně s hlavním směrem optické lavice. Dále do optické cesty centrujeme jednotlivé komponenty tak, aby poloha středu svazku zůstala zachována (fokusační čočku umístíme navíc na posuvný stolek).

Máme-li sjustováno, pokusíme se sejmout obraz stopy v blízkosti ohniska - vzhledem k nepřítomnosti objektivu musíme fokusovat ručně. Nesmíme přitom zapomenout na dostatečné zeslabení laseru, tak aby nedošlo k poškození fotoaparátu. Je-li obraz ostrý a dobře prokreslený, můžeme přistoupit k samotnému měření a sejmout rozložení světla na čipu fotoaparátu pro několik poloh čočky.

Úkoly:

- zajistěte si vhodné komponenty optické lavice pro zbudování úlohy; parametry čoček, které jsou k dispozici, určete vlastním měřením
- sestavte osvětlovací část soustavy, která splní podmínky kladené na bodový charakter zdroje světla
- sestavte optickou cestu pro snímání obrazu za čočkou
- sejměte snímek rozložení světla pro několik poloh fokusační spojky

Zpracování měření

Získané snímky rozložení obrazových bodů zpracujte v grafickém programu (Photoshop, Gimp, ...). Vytvořte grafy teoretického rozložení světla a porovnejte je s naměřenými. Ze znalosti parametrů CCD čipu zrcadlovky určete skutečnou velikost centrální oblasti, zasažené difrakcí.