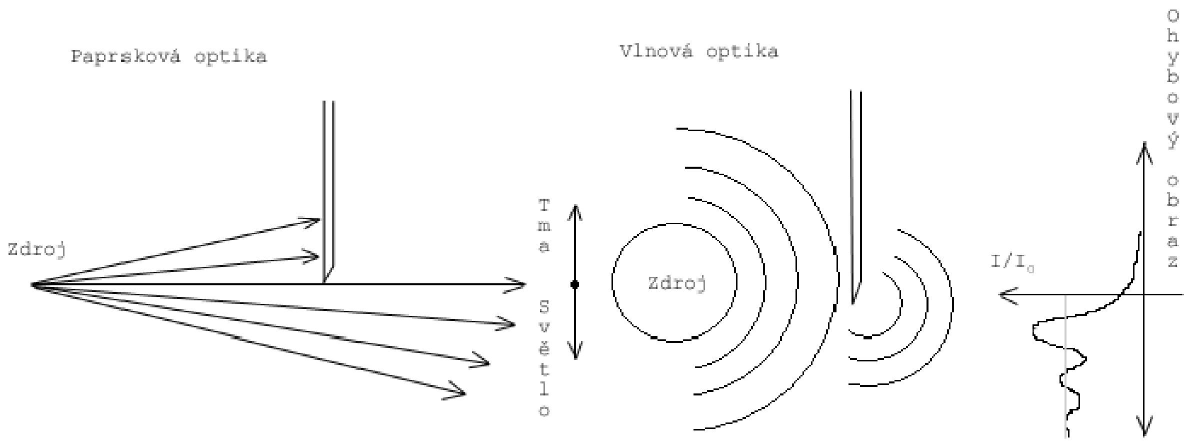
Slezská univerzita v Opavě – Filosoficko-přírodovědecká fakulta			
Fyzikální praktikum III – Optika			
Jméno:	**Ročník, obor:** Druhý,	**Vyučující:**	**Datum měření:**
Akademický rok:	**Název úlohy:** **Studium ohybu světla**		**Datum odevzdání:**
Číslo úlohy: 7			**Hodnocení:**

1 Teoretický úvod:

Cílem této úlohy je seznámit se s ohybem světla jako základním fyzikálním jevem charakterizujícím vlnění a dále konkrétně s ohybovými obrazci vznikajícími na štěrbině, mřížce a kruhovém otvoru.

O ohybu, neboli difrakci, hovoříme tehdy, jestliže se vlnění šíří do oblasti tzv. geometrického stínu, jak je znázorněno na Obr. 1. Ohybové efekty jsou zřetelné, jsou-li rozměry překážky, na níž k ohybu dochází srovnatelné s vlnovou délkou vlnění.



Obr. 1 – Ohyb světla na ostré hraně

Při difrakci vzniká na stínítku za překážkou soustava světlých maxim a tmavých minim – tzv. difrakční obraz. Jeho tvar závisí na podmínkách experimentu.

Řešením Maxwellových rovnic, pro vzdálenost stínítka od překážky jdoucí k nekonečnu a pro dopadající rovinou vlnu (tzv. Fraunhoferova difrakce), se dá při použití **úzké štěrbiny** jako překážky ukázat, že průběh intenzity I na stínítku odpovídá vztahu (1)

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \mu}{\mu} \right)^2 \; ; \; \mu = \frac{\pi \cdot a}{\lambda} \cdot \sin \alpha , \tag{1}$$

kde I_0 je intenzita nevychýleného paprsku, a je šířka štěrbiny, λ je vlnová délka použitého světla a α je úhlová vzdálenost od centrálního maxima. V této úloze máme za úkol stanovit z ohybového obrazce šířku použité štěrbiny. Pro minima a maxima platí (2)

$$\mu_{MIN} = n\pi \; ; \; \mu_{MAX} = \frac{(2n+1)}{2}\pi \; ; \; n \in N , \tag{2}$$

kde n je řád maxima nebo minima. Můžeme tedy šířku štěrbiny vyjádřit jak pomocí minim (3), tak pomocí maxim difrakčního obrazce (4) pro každou naměřenou hodnotu úhlu α_i, tedy pro úhlovou vzdálenost každého minima resp maxima od centrálního maxima.

$$a_i = \frac{n\lambda}{\sin \alpha_i} \tag{3}$$

$$a_i = \frac{(2n+1)\lambda}{2\sin \alpha_i} \tag{4}$$

Pro intenzitu světla při **ohybu na kruhovém otvoru** můžeme odvodit vztah (5)

$$I = I_0 \left(\frac{2 \cdot J_1(\mu)}{\mu} \right)^2 \; ; \; 2 \cdot J_1(\mu) = \mu - \frac{\mu^3}{8} + \frac{\mu^5}{192} \ldots \; ; \; \mu = \frac{\pi D}{\lambda} \sin \alpha \, , \tag{5}$$

kde $J_1(\mu)$ je Besselova funkce prvního řádu a D je průměr kruhového otvoru. Prvních pět hodnot, pro které nastává minimum intenzity I, je uvedeno v Tab 1.1.

Tab 1.1 Tabelované hodnoty μ_i

μ_1	3.832
μ_2	7.016
μ_3	10.173
μ_4	13.324
μ_5	16.471

Průměr kruhového otvoru pak můžeme z příslušného minima určit jako (6)

$$D_i = \frac{\mu_i \cdot \lambda}{\pi \sin \alpha_i} \tag{6}$$

Pro intenzitu světla při **ohybu na mřížce** platí vztah (7)

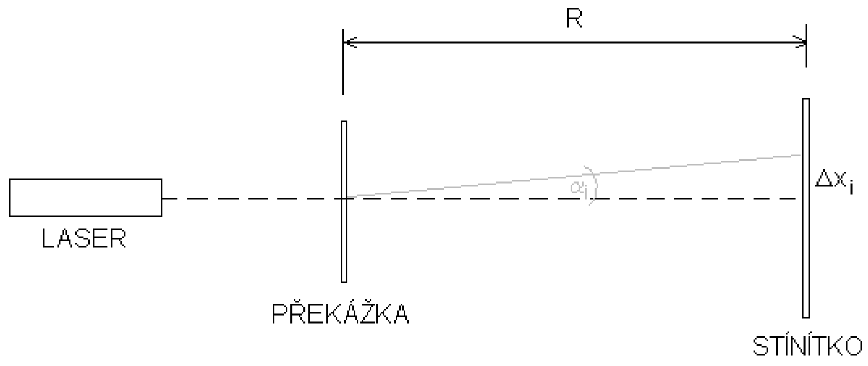
$$I = I_0 \left(\frac{\sin \mu}{\mu} \right)^2 \left(\frac{\sin \frac{N \cdot \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \right)^2 \; ; \; \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot b \cdot \sin \alpha \; ; \; \mu = \frac{\pi \cdot a}{\lambda} \cdot \sin \alpha \, , \tag{7}$$

kde N je počet štěrbin, b je vzdálenost štěrbin (mřížková konstanta) a a je šířka štěrbin.

První závorka se nazývá ohybový člen, druhá interferenční člen (řeší mnohosvazkovou interferenci). Průběh obou těchto členů i průběhu intenzity je na obr. 7.
V této části měření máme za úkol určit mřížkovou konstantu dané mřížky ze vzdáleností maxim ohybového obrazce. Dá se ukázat, že pro mřížkovou konstantu platí pro každý úhel α_i vztah (8)

$$b_i = \frac{n\lambda}{\sin \alpha_i} \; ; \; n \in N \, , \tag{8}$$

kde n je řád příslušného maxima a α_i je stejně jako v předchozích případech úhlová vzdálenost jednotlivých maxim od přímého směru.



Obr. 2 – Uspořádání experimentu

Na Obr. 2 je patrné experimentální uspořádání. Jak je vidět, pro stanovení úhlové vzdálenosti α_i příslušného maxima resp. minima od přímého směru je třeba znát vzdálenost *R* překážky od stínítka a vzdálenost Δx_i, což je vzdálenost příslušného maxima resp. minima od přímého směru v délkové jednotce. Úhel α_i pak vypočteme dle vztahu (9)

$$\alpha_i = arctg \frac{\Delta x_i}{R} \tag{9}$$

2 Použité měřící přístroje a pomůcky

Optická lavice, He-Ne laser, sada diapozitivů se štěrbinami a mřížkami, stínítko, metr, pravítko.

3 Postup měření

3.1 <u>Určení šířky difrakční štěrbiny</u>

1) Do držáku diapozitivů vložíme diapozitiv se štěrbinou a nastavíme štěrbinu do chodu paprsků.
2) Na stínítku pozorujeme difrakční obrazec a měřítkem odečítáme vzdálenosti minim Δx_i od přímého směru.
3) Naměříme vzdálenost štěrbiny a stínítka R a vypočteme úhly α_i.
4) Vypočteme šířku štěrbiny *a* pomocí vztahů (3)
5) Stejný ohybový jev vznikne i na inverzní štěrbině, tj na úzké pevné překážce, proto součástí měření je určení průměru drátku a vlasu.

3.2 <u>Určení průměrů kruhových otvorů</u>

1) Do držáku diapozitivů vložíme diapozitiv s kruhovým otvorem do chodu paprsků.
2) Na stěně pozorujeme difrakční obrazec a měřítkem odečítáme poloměry tmavých kroužků Δr_i.
3) Naměříme vzdálenost kruhového otvoru a stěny R a vypočteme úhly α_i.
4) Vypočteme průměry kruhového otvoru D_i pomocí vztahů (6).

3.3 Určení mřížkových konstant

1) Do držáku diapozitivů vložíme diapozitiv s amplitudovou mřížkou a nastavíme ji do chodu paprsků.
2) Na stěně pozorujeme difrakční obrazec a měřítkem odečítáme vzdálenosti maxim Δx_i od přímého směru.
3) Naměříme vzdálenost štěrbiny a stěny R a vypočteme úhly α_i.
4) Vypočteme mřížkovou konstantu b_i pro úhel α_i pomocí vztahu (8).

U všech měřených překážek porovnejte vypočtený rozměr z ohybového obrazce se skutečným rozměrem překážky jejím promítnutím se známým zvětšením pomocí projektoru.