

Nzev a číslo lohy	2 - Difrakce svtelnho zen
Datum měřen	23. 2. 2011
Měřen provedli	Tom Zikmund, Jakub Kkona
Vypracoval	Tom Zikmund
Datum	2. 3. 2011
Hodnocen	

1 Difrakn obrazce

V cel loze jsme pouvali He-Ne laser s vlnovou dlkou $\lambda = 632,8 \text{ nm}$. Paprsek jsme nasmrovali poa-
dovanm smrem pomoc nastavitelnho zrcetka.

Pro pozorovn difrakce na hran jsme museli svazek laserovho zen rozit. K tomu jsme pouili objek-
tiv z mikroskopu. Pro vytvoen istho svazku jsme do vstupu z objektivu vloili clonku s malm otvorem
(bodov zdroj). Ped objektiv mikroskopu jsme vloili spojnu oku, tak aby jej ohnisko bylo v mst bo-
dovho zdroje a paprsky vychzejc z oky byly rovnobn. Do takto rozenho svazku jsme vloili tenk rovn
zastien plech predstavujc ostrou hranu. Ve vzdlenosti piblin 3,5 m jsme pozorovali difrakn obrazec. V
difrakn obrazci byly znateln prouky maxim a minim rovnobn s hranou, nejlpe pozorovateln v okol
hrany geometrickho srtnu. V geometrickm stnu bylo mon tyto prouky pozorovat tak, ale s mnohem ni
intenzitou.

Pro pozorovn daleh difraknch obrazec jsme pouili zk laserov svazek (bez rozen). U difrakce na
tenkm drt jsme pozorovali jedno centrln maximum jeho intenzita nebyla nejvy uprosted, ale spe na
okraji. Dal maxima byly od sebe stejn vzdleny a jejich intenzita klesala se vzdlenost od centrlnho
maxima.

U difrakce na trbin jsme pozorovali podobn obrazec, kter se liil pouze tm, e nejvy intezita centrln-
ho maxima byla uprosted. To potvrzuje platnost Babinetova dopkovho principu. Protoe drt a trbina
jsou vzjemn doplkov tvary, souet jejich pol mus bt stejn jako pole samotnho svazku bez stntka. Vedlej
maxima mus bt u obou obrazc na stejnch mstech, avak jejich pole budou mt opanou fzi.

Dle jsme pozorovali dofrakn obrazec obdelnku, kter mel del stranu vodorovn. Centrln maximum
troil obdelnk, jeho tvar odpovdal tvaru apertury. Ve smru kad stany tohoto obdelnku byla ada ved-
lejších maxim. Tyto maxima tvoily tk obdelnky, jejich jeden rozměr odpovdal dlce pilehl strany hlavnho
maxima a druh odpovdal piblin polovin dlky druh strany hlavnho maxima.

U difraknho obrazce kruhov apertury jsme pozorovali jedno kruhov maximum a nekolik soustednch
kruhovch maxim okolo nj.

Pro vpoet Fresnelova sla plat vztah

$$N_F = \frac{\bar{x}_{max}^2 + \bar{y}_{max}^2}{\lambda z}.$$

Napklad pro difrakn obrazec obdelnk o rozmrech $a = 89 \mu\text{m}$ a $b = 112 \mu\text{m}$ ve vzdlenosti 351 cm
vychz Fresnelovo slo

$$N_F = 0,009 \ll \frac{1}{2}.$$

Urit se tedy jedn o vzdlenou znu. Fresnelovo slo pro tento obdelnk $N_F = \frac{1}{2}$, prv kdy je difrakn obrazec
vzdlen 6,5 cm. Ve Fresnelov zn, tedy bl ne 6,5 cm jsme vak dn difrakn obrazce nepozorovali. Je to
zpsobenom tm, e fze pole v tto zn je velmi promnliv a velmi citliv zvisl na vzdlenosti.

blizka a vzdalena zona, frenelovo cislo, reference, jednotky

2 Vpoet velikosti apertur podle difraknho obrazce

Vzdlenost stntka od apertury je ve vech ppadech stejn a to $z = 351 \text{ cm}$. U difraknho obrazce trbiny
jsme zmili vzdlenost -5. a 5. maxima $d_5 = 13 \text{ cm}$. Odtud vzdlenost prvno minima $x_1 = 1,3 \text{ cm}$. Pro

vypočet ky trbinny vyjdeme ze vzorce

$$x_m = \frac{m\lambda z}{a},$$

odkud vyjdeme ku trbinny

$$a = \frac{m\lambda z}{x_m}.$$

Po dosazen hodnoty x_1 vychz ka trbinny

$$a = 171 \mu\text{m}.$$

Pro difrakn obrazec drtu jsme namili vzdlenost -5. a 5. maxima $d_5 = 22,7 \text{ cm}$. Odtud vzdlenost prvneho minima $x_1 = 2,27 \text{ cm}$. Z Babinetova principu plyne, e pro difrakn minima drtu mus platit stejn vzorec jako pro trbinu

$$a = \frac{m\lambda z}{x_m},$$

kde a je prmr drtu. Po dosazen x_1 vychz

$$a = 98 \mu\text{m}.$$

Drt tedy pravdpodobn bude mt udvanou tlouku $0,1 \text{ mm}$.

Pi men -5. a 5. maxima obdelnkov apertury nm vyla vzdlenost ve vodorovn ose $d_{5v} = 25 \text{ cm}$ vzdlenost ve svisl ose $d_{5s} = 19,9 \text{ cm}$. Odtud vzdlenost prvneho minima ve vodorovn ose $x_1 = 2,5 \text{ cm}$ a ve svisl ose $y_1 = 1,99 \text{ cm}$. Z vrazu pro intenzitu difraknho obrazce obdelnkov apertury uvedenho v [?] je vidt, e pro jednotliv rozmry obdelnkov apertury bude platit stejn vzorec jako pro trbinu. Proto

$$a = \frac{m\lambda z}{x_m}, \quad b = \frac{m\lambda z}{y_m}.$$

Po dosazen x_1 a y_1 dostvme

$$a = 89 \mu\text{m}, \quad b = 112 \mu\text{m}.$$

U apertury bylo uvedeno, e se jedn o tverec o stranch $89 \mu\text{m}$, jedna strana tedy odpovd namenm udajm.

Pro kruhovou aperturu jsme namili nsledujc prmr prvnych minim: $d_1 = 19,5 \text{ mm}$, $d_2 = 36 \text{ mm}$, $d_3 = 53 \text{ mm}$. Pro polomry tedy plat: $r_1 = 9,75 \text{ mm}$, $r_2 = 18 \text{ mm}$, $r_3 = 26,5 \text{ mm}$. Ze vzorc

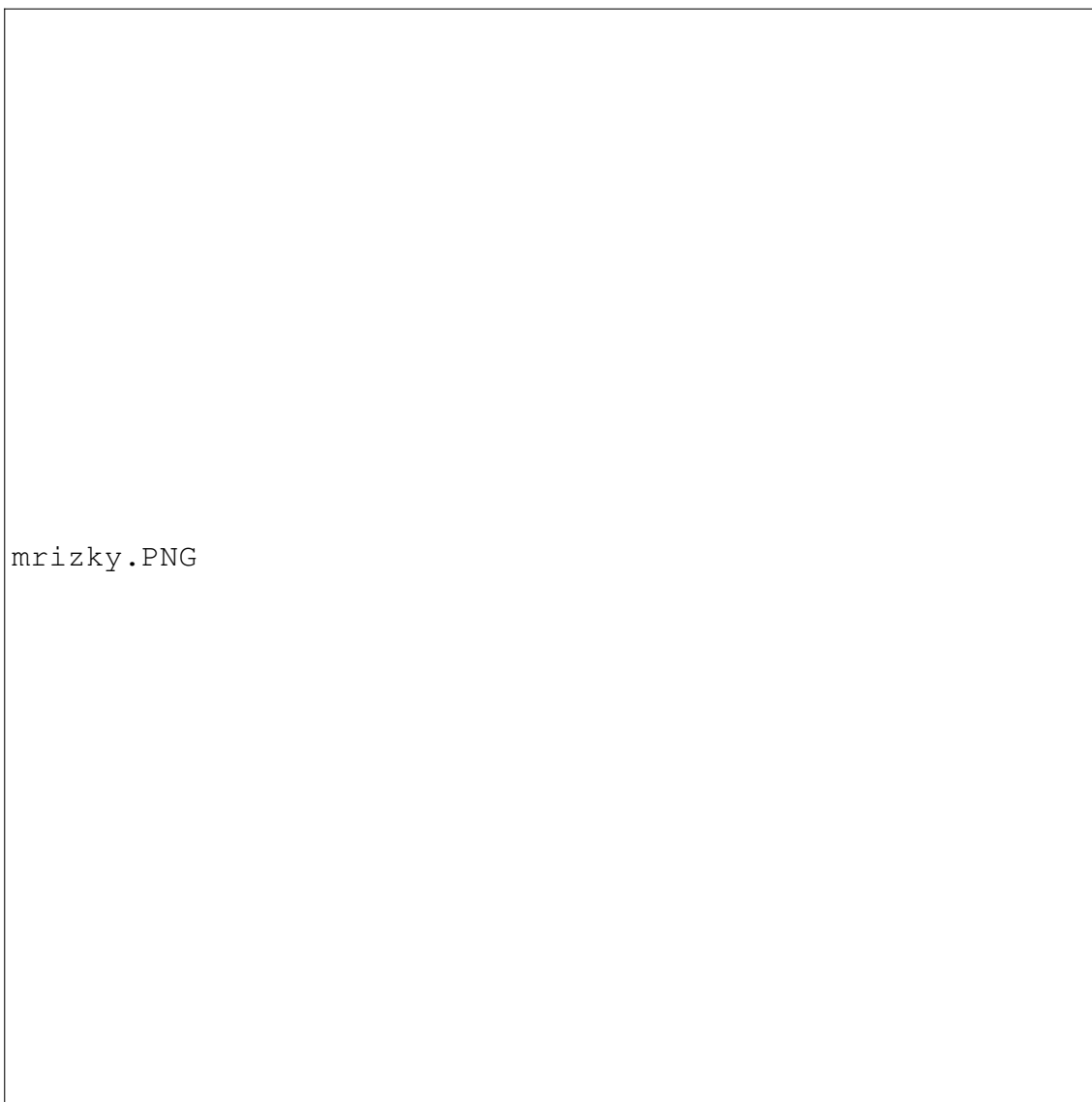
$$r_1 = \frac{1,22\lambda z}{d}, \quad r_2 = \frac{2,23\lambda z}{d}, \quad r_3 = \frac{3,24\lambda z}{d}$$

vypoteme ti hodnoty pro prmr kruhov apertury

$$d \approx 277,9 \mu\text{m} \approx 275,2 \mu\text{m} \approx 271,6 \mu\text{m}.$$

Vzjemn odchylka jednotlivch vsledk je dsledkem nepesneho men prmr difraknch minim.

3 Zvislost difrakn innosti na hlu dopadu



Obrázek 1: Zvislost difrakn innosti prvnych du tenk a objemov mky na hlu dopadu

4 Vpoet period mek

Vzdlenost difrakcno obrazce od mky je vech ppadech $z = 351$ cm. U tenk fzov mky jsme namili vzlenost mezi -1. a 1. minimem $d_1 = 44,7$ cm. Odtud vzdlenost prvneho minima $r_1 = 22,35$ cm. Dle jsme zmili vzdlenost tetho minima $r_3 = 69,8$ cm. Pro vpoet peridy vyjdeme ze skalrn mkov rovnice

$$\sin(\theta_m) - \sin(\theta_i) = m \cdot \frac{\lambda}{\Lambda},$$

kde θ_m je hel difrakce do m -tho difrakcno maxima a θ_i je hel dopadu rovinn vlny na mku. hel θ_i je v naem ppad nulov. Pro mkovou periodu Λ bude tedy platit

$$\Lambda = m \cdot \frac{\lambda}{\sin(\theta_m)} \approx m \cdot \frac{\lambda}{\text{tg}(\theta_m)} = m \cdot \frac{\lambda z}{r_m}.$$

Po dosazen r_1 a r_3 vychz

$$\Lambda \approx 9,9 \mu\text{m} \approx 9,5 \mu\text{m}.$$

U tenk amplitudov mky jsme namili vzlenost mezi -1. a 1. minimem $d_1 = 41,5$ cm. Odtud vzdlenost prvneho minima $r_1 = 20,75$ cm. Dle jsme zmili vzdlenost tetho minima $r_3 = 63,5$ cm. Ze stejneho vzorce jako v pedchozm ppad vypoeteme po dosazen r_1 a r_3 mkovou periodu

$$\Lambda \approx 10,7 \mu\text{m} \approx 10,5 \mu\text{m}.$$

K dalmu men jsme potebovali watmetr, kter meil vkon svtla dopadajcho na jeho snma. Wattmetr jsme nastavili na vlnovou dlku $\lambda = 632,8$ nm a mili jsme vkon maxima prvneho du objemov mky. Snma jsme se snili nastavit kolmo na dopadajc zaen a udrovat stle ve stejn vzdlenosti od mky. Pomoc wattmetru jsme nali hel dopadu rovinn vlny na mku, pi kterm byl vkon zen prvneho maxima nejvy. Pro objemovou mku nm vyel tento Braggv hel

$$\theta_B = 29,5^\circ.$$

Pi tomto hlu jsme zmili vzdlenost mky od stntka $z = 121$ mm a vzdlenost prvneho maxima od nultho maxima $x = 190$ mm. Stntko bylo umstn kolmo na svazek nultho maxima. Pro hel mezi paprsky prvneho a nultho maxima tedy plat

$$\text{tg}(\theta_1) = \frac{x}{y}, \quad \theta_1 = 57,5^\circ.$$

Vlnov vektor vlny nultho maxima ozname k_1 . Z Bragovy podmnyky a z obrzku ?? plyne vztah

$$\sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) = \frac{|K|}{k_1} = \frac{\lambda}{2\Lambda},$$

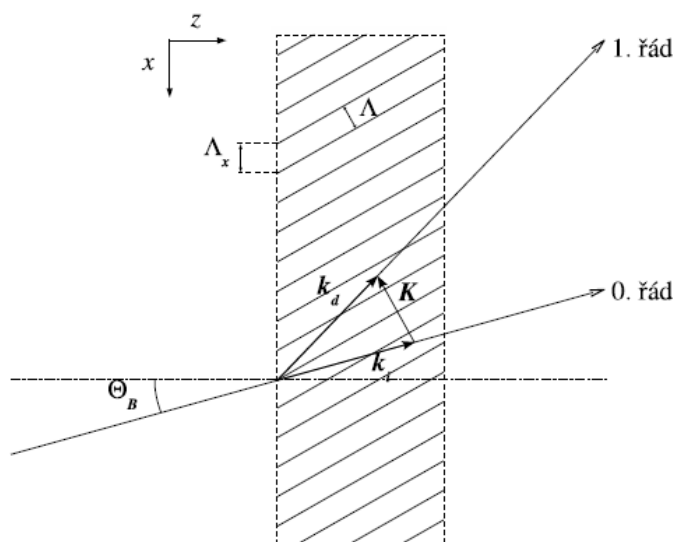
odkud

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2 \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right)} = 657,8 \text{ nm}.$$

Nakonec jsme jet zmili vzdlenost nultho a prvneho maxima dal tenk amplitudov mky $r_1 = 54$ mm ve vzdlenosti $z = 465$ mm. Z rovnice pro tenkou mku jsme vypoetali

$$\Lambda = 5,5 \mu\text{m}.$$

U tto mky jsme v pedchoz loze mili selektivn kivku.



Obrázek 2: Objemov mka pi splnn Braggov podmnce

5 Rozdly mezi difrakc na tenk a objemov mce

Z grafu na obrzku ?? je vidt znán rozdíl v rozložení difrakčních intenzit na hlu dopadajícího žena vzhledem k typu difrakční mky. Je zejména objemov mka je velmi citliv na hel a m vysokou difrakční intenzit pouze ve velmi zkm rozsahu. To je dno nutnost splnění Braggovy podmínky, která vyžaduje, aby příspěvky od jednotlivých elementárních vlnoploch vznikajících na mce byly soufázové. A vzhledem k tomu, e v objemov mce se světlo šíří po drahách rzn optické délky, bude soufázovost splněna pouze pro konkrtní hel. Tento problém nenastává u tenkých mek, kdy neme dojt k výraznému fázovému rozdílu elementárních vlnoploch a difrakční intenzit se hlem dopadajícího žena mn pouze minimálně.

Reference

- [1] Kolektiv KFE FJFI VUT: *loha . 2 - Difrakce svtelnho žena*, [online], [cit. 2. bezna 2010], http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP_02.pdf