



Jméno: **Michal Červeňák** Kolega: Ondřej Glac
Kruh: **Útorok** Číslo skup.: 1
Měřeno: **25.5.2017** Zpracování: 4 h Klasifikace:

1 Pracovní úkol

1. DÚ: Ve vztazích (9), (13) a (18) [1] vyjádřete $\sin \vartheta$ pomocí polohy maxima/minima od středu a uražené dráhy laserového paprsku.
2. Změřte průměr tří nejmenších kruhových otvorů užitím Fraunhoferovy difrakce světla s pomocí měřicího mikroskopu a výsledky srovnajte. Odhadněte chybu měření šířky štěrbinového mikroskopem. Pro který průměr kruhového otvoru je přesnější měření interferencí a pro který mikroskopem?
3. Změřte 10 různých šířek štěrbinového mikroskopem užitím Fraunhoferovy difrakce světla a srovnajte s hodnotou na mikrometrickém šroubu. Pro jaké šířky štěrbinového mikroskopem je výhodnější měření interferencí a pro jaké mikrometrickým šroubem?
4. Změřte mřížkovou konstantu optické mřížky a srovnajte s hodnotou uvedenou na mřížce.
5. Sestavte Michelsonův interferometr a změřte vlnovou délku laserového svazku

2 Teória

2.1 Fraunhoferovy difrakce

Pre Fraunhoferovy difrakce platí vzťah

$$\sin \vartheta_{max} = \frac{m\lambda}{d}, \quad (1)$$

kde λ je vlnová dĺžka, d je mriežková konštanta a m je rád maxima. Zároveň nám platí

$$\sin \vartheta_{max} = \frac{mx}{l}, \quad (2)$$

kde m je opäť rád maxima, x je vzdialenosť maxima od stredu a l je uražená dráha laseru.

z rovností vzťahov 1 a 2 môžeme uvažovať

$$\begin{aligned} \frac{mx}{l} &= \frac{m\lambda}{d}, \\ \frac{x}{l} &= \frac{\lambda}{d}, \end{aligned} \quad (3)$$

ktorý nám hovorí vzťah medzi vzdialenosťami maxím vzhľadom k vlnovej dĺžke, dráhy zväzku a mriežkovej konštanty.

2.2 Michelsonův interferometr

Pre zmenu jednej dráhy o Δx u Michelsonovho interferometru platí

$$\lambda = \frac{2\Delta x}{n}, \quad (4)$$

kde λ je vlnová dĺžka a n je počet minim/maxím, ktorý prejde pri zmene vzdialenosti cez daný bod.

2.2.1 Spracovanie chýb merania

Označme $\langle t \rangle$ aritmetický priemer nameraných hodnôt t_i , a Δt hodnotu $\langle t \rangle - t$, pričom

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (5)$$

a chybu aritmetického priemeru

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \langle t \rangle)^2}{n(n-1)}}, \quad (6)$$

pričom n je počet meraní.

3 Pomôcky

železná deska s magnetickými stojánky, He-Ne laser (633 nm, 5 mW), 2 zrcadla na stojánku, optická lavice s jezdcí, 2 spojky (+50, +200), rozptylka (−100), sada kruhových otvorů, nastaviteľná šterbina s mikrometrickým šroubom, stojan na mřížku, optická mřížka, stínítko na zdi, stínítko, držák na stínítko a kruhové otvory, pásmové měřidlo (5m), pravítko 20 cm a 30 cm, měřicí mikroskop, Abbeho kostka, rovinné zrcadlo s mikrometrickým šroubom, rovinné zrcadlo, provázek.

4 Postup merania

1. Najskôr bol laserový zväzok pomocou kreplerového ďalekohľadu fokusovaný
2. do dráhy bolo umiestnené tienikom s difrakčnou dierkou
3. pomocou dvoch zrkadiel bol zväzok predĺžený a nasmerovaný na stenu
4. pre jednotlivé diery boli obkreslené polohy maxím na papier

5. tienitko s dierami bolo vymenené za mriežku, zväzok bol opäť predĺžený a difrakčné obrazce pre 10 rôznych otvorení obkreslené a odčítané a zaznamenaná veľkosť diery mikrometrickým šróbom.
6. štrbina bola vymenená za mriežku, zväzok v tomto prípade nebolo potrebné predlžovať a na papier bola zaznamenaná poloha 0 a 1 maxima.
7. aparátúra bola rozobratá a na optickej lavici bol zostavený Michelsonův interferometr
8. Pomocou interferometru bola nameraná vlnová dĺžka laseru
9. po nameraní boli všetky obrazce premerané a určene jednotlivé vzdialenosti maxím.

5 Výsledky merania

5.1 Měření kruhových otvorů

Namerané hodnoty priemeru otvoru pomocou mikroskopu a difrakcie sú v tabuľke 1.

\overline{n}	$\overline{d_m}$ [mm]	\overline{x} [cm]	$\overline{d_i}$ [mm]
$2,3 \pm 0,1$	$0,58 \pm 0,03$	$0,84 \pm 0,05$	$0,54 \pm 0,08$
$4,0 \pm 0,1$	$1,00 \pm 0,03$	$0,50 \pm 0,05$	$0,91 \pm 0,16$
$8,3 \pm 0,1$	$2,08 \pm 0,03$	$0,28 \pm 0,05$	$1,63 \pm 0,38$

Tab. 1: n je počet otáčok závitú mikroskopu z ktorých bol vypočítaný priemer otvoru d_m a d_i priemer otvoru vypočítaný podľa vzťahu 3, x je vzdialenosť maxím v difrakčnom obrazení.

5.2 Měření štěrbin

Namerané hodnoty veľkosti štrbiny odčítanej z mikrometrického šróbu a vypočítané z difrakcie sú v tabuľke 2.

5.3 Měření mřížkové konstanty

Namerané hodnoty sú v tabuľke 3 z nich za pomoci vzťahu 5 a 6 bola vypočítaná mriežková konštanta

$$d = (1,54 \pm 0,054) \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

$\frac{d_m}{\text{mm}}$	$\frac{x}{\text{cm}}$	$\frac{d_i}{\text{mm}}$
$0,57 \pm 0,01$	$1,30 \pm 0,10$	$0,35 \pm 0,03$
$0,75 \pm 0,01$	$0,80 \pm 0,10$	$0,57 \pm 0,06$
$1,00 \pm 0,01$	$0,60 \pm 0,10$	$0,76 \pm 0,09$
$1,25 \pm 0,01$	$0,55 \pm 0,10$	$0,83 \pm 0,11$
$1,50 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,10$	$1,30 \pm 0,24$
$1,15 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,10$	$0,91 \pm 0,13$
$0,90 \pm 0,01$	$0,60 \pm 0,10$	$0,76 \pm 0,09$
$0,80 \pm 0,01$	$0,75 \pm 0,10$	$0,61 \pm 0,07$
$0,65 \pm 0,01$	$1,00 \pm 0,10$	$0,46 \pm 0,04$
$0,55 \pm 0,01$	$2,50 \pm 0,10$	$0,18 \pm 0,01$

Tab. 2: Odčítané veľkosti štrbiny d_m na vzdialenosti maxím x a vypočítaná mriežková konštanta d_i podľa 3

$\frac{\Delta l}{\text{cm}}$	$\frac{x}{\text{cm}}$	$\frac{d_i}{\text{mm}}$
$20,5 \pm 0,1$	$8,5 \pm 0,1$	$1,53 \pm 0,3$
$15,0 \pm 0,1$	$6,0 \pm 0,1$	$1,58 \pm 0,4$
$10,0 \pm 0,1$	$4,2 \pm 0,1$	$1,51 \pm 0,5$

Tab. 3: Nameraná hodnoty vzdialenosti tienika od mriežky Δl v závislosti na vzdialenosti maxím prvého rádu x a z nich podľa vzťahu 3 mriežková konštanta d .

5.4 Michelsonův interferometr

Namerané hodnoty sú v tabuľke Tab. 4, z nich bol pomocou vzťahu 5 a 6 vypočítaná hodnota vlnová dĺžka použitého laseru

$$\lambda = 720 \pm 390 \text{ nm} . \quad (7)$$

5.5 Meranie dráhy paprsku

Dráha laserového paprsku bola určená na $l = (7,20 \pm 0,1\text{stat.} \pm 0,2\text{sys.}) \text{ m}$.

6 Diskusia

Obecne najväčším problémom v pri tomto meraní boli otrasy zeme spôsobené ostatnými ľuďmi v miestnosti ale aj prechádzajúcimi tramvajami a autami po ceste vedľa budovy. Tieto otrasy spôsobovali najväčšie problém pri interferometre kde nebolo možné rozlíšiť otrasy od pohybu. Tento fakt je premietnutý aj do chyby počtu maxím v tabuľke 4.

$\frac{\Delta l}{\text{cm}}$	n [-]	d_i [mm]
$4,0 \pm 0,1$	12 ± 2	$0,67 \pm 0,13$
$4,5 \pm 0,1$	12 ± 2	$0,75 \pm 0,14$
$4,0 \pm 0,1$	10 ± 2	$0,80 \pm 0,18$
$4,0 \pm 0,1$	12 ± 2	$0,67 \pm 0,13$
$3,5 \pm 0,1$	10 ± 2	$0,70 \pm 0,16$

Tab. 4: Zmeny polohy zrkadla Δl na počte maxim prejdenných určeným bodom n a z nich podľa vzťahu 4 vypočítaná vlnová dĺžka λ .

Pri ostatných úlohách otrasy nevadili natoľko aby sme ich chybu museli zohľadňovať. Pri určovaní urazenej dráhy laserového paprsku sme túto dráhu zmerali až po skončení experimentu a tým pádom sme uvažovali nepresnosť merania v podobe 20 cm.

Pri meraní rozmerov pomocou mikroskopu, sme mali najväčší problém určiť, presnú hranu/okraj diery, rozhranie týchto dier nebolo ostré ale na mnohých miestach zostrpené. Preto toto meranie je predovšetkým týmto faktom výrazne zaťažené. Teda pre malé otvory sa problematicky určuje touto metódou ich rozmer.

7 Záver

V tabuľkách Tab. 1 a Tab. 2 vidíme porovnanie nameraných veľkosti otvorov v porovnaní s vypočítanými hodnotami pomocou difrakcie.

Mriežková konštanta mriežky bola určená na

$$d = (1,54 \pm 0,054) \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

Určili sme vlnovú dĺžku použitého laseru vid' vzťah 7.

Reference

- [1] Interference a difrakce světla [cit. 16.5.2017]Dostupné po prihlásení z Kurz: Fyzikální praktikum II:https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/423/mod_resource/content/8/10_interference_170218.pdf